ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE
ANNEE 1984 N° 62

LE LACTOSERUM LIQUIDE DANS L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE : RESULTATS DE QUELQUES ANNEES D'UTILISATION DANS LE DEPARTEMENT DE LA SARTHE

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE
DIPLOME D'ETAT

présentée et soutenue publiquement en 1984
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse
par

Sylvain, Michel, Marie, Gabriel GABILLARD
Né le 7 Septembre 1955 à DOUE-LA-FONTAINE (Maine-et-Loire)

JURY : **MM. ECALLE** — *Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*
GRIESS
EECKHOUTTE — *Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*

Association des Elèves
E.N.V.T.

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547621_0036

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE
ANNEE 1984 N° 62

LE LACTOSERUM LIQUIDE DANS L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE : RESULTATS DE QUELQUES ANNEES D'UTILISATION DANS LE DEPARTEMENT DE LA SARTHE

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE
DIPLOME D'ETAT

présentée et soutenue publiquement en 1984

devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

par

Sylvain, Michel, Marie, Gabriel GABILLARD
Né le 7 Septembre 1955 à DOUE-LA-FONTAINE (Maine-et-Loire)

JURY : **MM. ECALLE** — *Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*
GRIESS
EECKHOUTTE — *Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*

Association des Elèves
E.N.V.T.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur ..... M. LAUTIE
Directeur honoraire ..... M. FLORIO
Professeurs honoraires ..... MM. BRIZARD
SAURAT
GODFRAIN

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire ..... Mme BURGAT-SACAZE
Maître-Assistant ..... M. PETIT

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire ..... MM. RICO
Professeur sans chaire ..... BRAUN
Maître-Assistant agrégé ..... BENARD

Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale
Informatique biologique et médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire ..... MM. PAVAUX
Maître-Assistant Agrégé ..... LIGNEREUX
Maître-Assistant Agrégé ..... SAUTET

Organogénèse – Tératologie
Anatomie générale – Anatomie appliquée

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE, PHARMACODYNAMIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire ..... MM. RUCKEBUSCH
Professeur sans chaire ..... FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé ..... TOUTAIN

Physiologie – Pharmacodynamie
Thérapeutique

CHAIRE D'HISTOLOGIE – ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire ..... MM. VAN HAVERBEKE
Professeur sans chaire ..... CABANIE
Maître-Assistant Agrégé ..... MAGNOL

Histologie – Embryologie
Anatomie Pathologique – Clinique

CHAIRE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire ..... MM. LABIE
Maître de conférences ..... EECKHOUTTE
Maître-Assistant Agrégé ..... Mme BENARD

Hygiène, Inspection, Contrôle et
Technologie des denrées alimentaires
d'origine animale – Clinique

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire ..... MM. DORCHIES
Maître de Conférences ..... FRANC
Maître-Assistant Agrégé ..... DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée – Ecologie
Parasitologie externe – Dermatologie
Parasitologie interne – Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES ET DE LEGISLATION

Professeur titulaire ..... MM. LESCURE
Professeur sans chaire ..... GUELFI
Maître-Assistant agrégé ..... REGNIER

Sémiologie et Pathologie Médicale des
Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire ..... MM. TOURNUT
Maître de Conférence ..... BEZILLE
Maître-Assistant ..... JOUGLAR
Maître-Assistant ..... SCHELCHER

Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail et des animaux de basse-cour
Clinique – Consultation itinérante

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire ..... MM. CAZIEUX
Maître de Conférences ..... GENEVOIS
Maître-Assistant Agrégé ..... AUTEFAGE
Maître Assistant ..... FAYOLLE

Propédeutique et Sémiologie chirurgicale
Radiologie – Technique chirurgicale
Anesthésiologie – Pathologie chirurgicale
Traumatologie – Podologie orthopédique – Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire ..... MM. FERNEY
Professeur sans chaire ..... ROYAL
Maître-Assistant ..... BERTHELOT

Pathologie de l'appareil génital et de la mamelle
Sémiologie et propédeutique
Pathologie de la Reproduction
Obstétrique et pathologie du nouveau-né
Clinique – Consultation itinérante

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES – ZOONOSES LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire ..... MM. CHANTAL
Maître-Assistant ..... PICAVET
Maître-Assistant ..... LACHERETZ

Epidémiologie – Maladie Contagieuses
Zoonoses – Législation sanitaire – Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE – MICROBIOLOGIE – IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire ..... MM. LAUTIE
Maître de conférences ..... EUZEBY
Maître-Assistant ..... MILON

Microbiologie – Immunologie
Pathologie Générale

CHAIRE D'ELEVAGE ET ECONOMIE

Professeur titulaire ..... MM. QUEINNEC
Professeur sans chaire ..... DARRE
Maître-Assistant ..... Mme QUEINNEC

Ethnologie – Génétique animale
Extérieur – Zootechnie et économie générales
Ethologie appliquée, Sciences, Techniques
Economie de l'Elevage et des Productions animales
Insémination artificielle – Organisation de l'Elevage

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire ..... MM. FALIU
Professeur sans chaire ..... GRIESS
Maître-Assistant ..... ENJALBERT

Botanique appliquée et bromatologie
Agronomie – Alimentation

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 Mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 Juin 1924.

LE LACTOSERUM LIQUIDE DANS L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE :

RESULTATS DE QUELQUES ANNEES D'UTILISATION DANS LE DEPARTEMENT DE LA SARTHE

A mes Parents

En remerciement de leur aide et de leur soutien

A ma Femme

A mon Fils

A toute ma famille et belle-famille

A tous mes amis.

A Monsieur le Professeur ECALLE

de l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de notre
jury de thèse

Respectueux hommages

A Monsieur le Professeur GRIESS
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE.

Qui a bien voulu accepter le sujet
de notre thèse et nous guider par
ses conseils.

A Monsieur le Professeur EECKHOUTTE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE.

Qui nous a fait l'honneur de
participer à notre jury de thèse.

Respectueux hommages.

A Mademoiselle MONTAGNAC

Docteur Vétérinaire

Contrôle Laitier et services aux éleveurs
de la Sarthe

Qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de nos plus vifs remerciements pour l'aide qu'elle nous a apportée dans la réalisation de ce travail.

- PLAN -

INTRODUCTION ..... p. 1

I - LE LACTOSERUM LIQUIDE : PRODUCTION, COMPOSITION, CONSERVATION ET DEBOUCHES

A) Production et différents types ..... p. 3

B) Composition et variations saisonnières ..... p. 5

1°) Teneur en matière sèche
2°) Teneur en matières grasses
3°) Lactose et acide lactique
4°) Matières azotées
5°) Matières minérales
6°) Vitamines
7°) Variations saisonnières

C) Conservation, évolution stockage ..... p. 16

1°) Fermentations
2°) Evolution qualitative au cours du stockage
3°) Conservation
4°) Stockage

D) Principaux débouchés ..... p. 24

II - LE LACTOSERUM LIQUIDE : ALIMENT DE LA VACHE LAITIERE

A) Ingestibilité ..... p. 27

B) Valeur énergétique..... p. 29

1°) Digestibilité du sérum liquide
2°) Digestion du lactose
3°) Valeur énergétique

C) Valeur azotée ..... p. 33

1°) Digestibilité des matières azotées
2°) Valeur protéique

D) Minéraux et vitamines ..... p. 34

1°) Composition minérale
2°) Ingestibilité
3°) Vitamines

III - QUELQUES ESSAIS D'UTILISATION DANS LE DEPARTEMENT DE LA SARTHE

A) Composition moyenne et valeur alimentaire du lactosérum utilisé .....p. 37

B) Approvisionnement et distribution.....p. 37

C) Rationnement pratique .....:p. 40

1°) Ration classique
2°) Ration où le lactosérum permet une économie du concentré de production ..
3°) Ration où le lactosérum permet une économie de fourrage et de concentré

D) Approche économique .....p. 44

1°) charges en plus
2°) charges en moins et produits en plus

IV - RESULTATS DE QUELQUES ANNEES D'UTILISATION

A) Influence sur la secrétion lactée.....p. 47

1°) Effets quantitatifs
2°) Effets qualitatifs

B) Influence sur la fécondité du troupeau p. 54

C) Influence sur l'hygiène et la santé ...p. 57

1°) Troubles divers

2°) Troubles métaboliques

3°) Risques infectieux liés à son emploi

CONCLUSION .....p. 64

BIBLIOGRAPHIE .....p. 66

INTRODUCTION

La transformation des matières premières d'origine végétale ou animale ne se fait pas sans séparer tel ou tel constituant inutile ou gênant pour l'obtention d'un produit fini digne de ce nom. Ces constituants, ce sont les sous produits des industries agro-alimentaires. Or sous produit ne signifie pas obligatoirement déchet ; bien au contraire, les industriels essaient de valoriser ces sous produits dans la mesure où ils peuvent être utilisés à différentes fins (amendements, alimentation animale principalement).

L'industrie fromagère française produit annuellement 1 000 000 tonnes de fromages. Le sous produit essentiel de cette production, c'est le lactosérum avec 8 milliards de litres par an soit 500 000 tonnes de matière sèche. (17)

Le lactosérum est très gênant pour les industriels en raison de son volume et de son pouvoir polluant considérable : sa richesse en matière organique conduit à une demande biochimique en oxygène (DBO5) de 30 à 50 grammes par litre soit environ celle d'un habitant moyen. Le rejet d'un litre de lactosérum est équivalent à la pollution d'un habitant par jour.

Vouloir traiter 8 millions de m3 de lactosérum comme eaux résiduaires pour échapper aux taxes des Agences de Bassins aurait conduit à dépenser, sans profit, rien qu'en charges d'exploitation des installations d'épuration, environ 100 millions de francs par an en 1977.

Pour tenter d'utiliser le lactosérum à des fins plus honorables, la puissance publique a dégagé des moyens pour inciter les Entreprises et les laboratoires à trouver des solutions.

La production annuelle de lactosérum soit environ 500 000 tonnes de matière sèche c'est potentiellement, si on sépare les constituants, 14 000 tonnes de matières grasses, 400 000 tonnes de lactose et acide lactique, 70 000 tonnes de protéines de haute valeur biologique, 50 000 tonnes de sels minéraux et ... 7 millions de m3 d'eau.

Jusqu'en 1973, l'énergie bon marché a poussé les entreprises à sécher ce produit très aqueux mais l'augmentation du coût de l'énergie les a conduites à envisager d'autres issues et, parmi celles-ci, la cession du lactosérum brut en l'état donc sous forme liquide.

Des essais américains et des observations effectuées en France ont montré que la vache laitière peut consommer des quantités importantes de lactosérum (jusqu'à 90 litres par jour). Potentiellement les vaches laitières peuvent consommer tout le lactosérum produit.

Les essais réalisés dans le département de la Sarthe montrent que le lactosérum liquide est un aliment noble parfaitement toléré par la vache laitière sans effet néfaste particulier sur les paramètres importants que sont la production laitière, la fécondité et l'état sanitaire des animaux.

I LE LACTOSERUM LIQUIDE : PRODUCTION, COMPOSITION, CONSERVATION ET DEBOUCHES

Le lactosérum est la fraction aqueuse qui se sépare du caillé au cours de la fabrication des fromages ou des caséines. Il retient 55 % des éléments nutritifs du lait dans 85 à 90 % du volume de lait initial.

A) Production et différents types

Le caillage du lait correspond à l'insolubilisation de la caséine. Il est obtenu soit par adjonction directe d'acides (lactique, chlorhydrique...) soit par acidification indirecte au moyen de bactéries lactiques ou par action enzymatique de la présure.

La figure 1 indique les principales voies de transformation du lait. Elle montre que le lactosérum est toujours écrémé, qu'il provienne des fromageries ou des caséineries.

On distingue deux grandes catégories de lactosérum en fonction de la technologie fromagère:

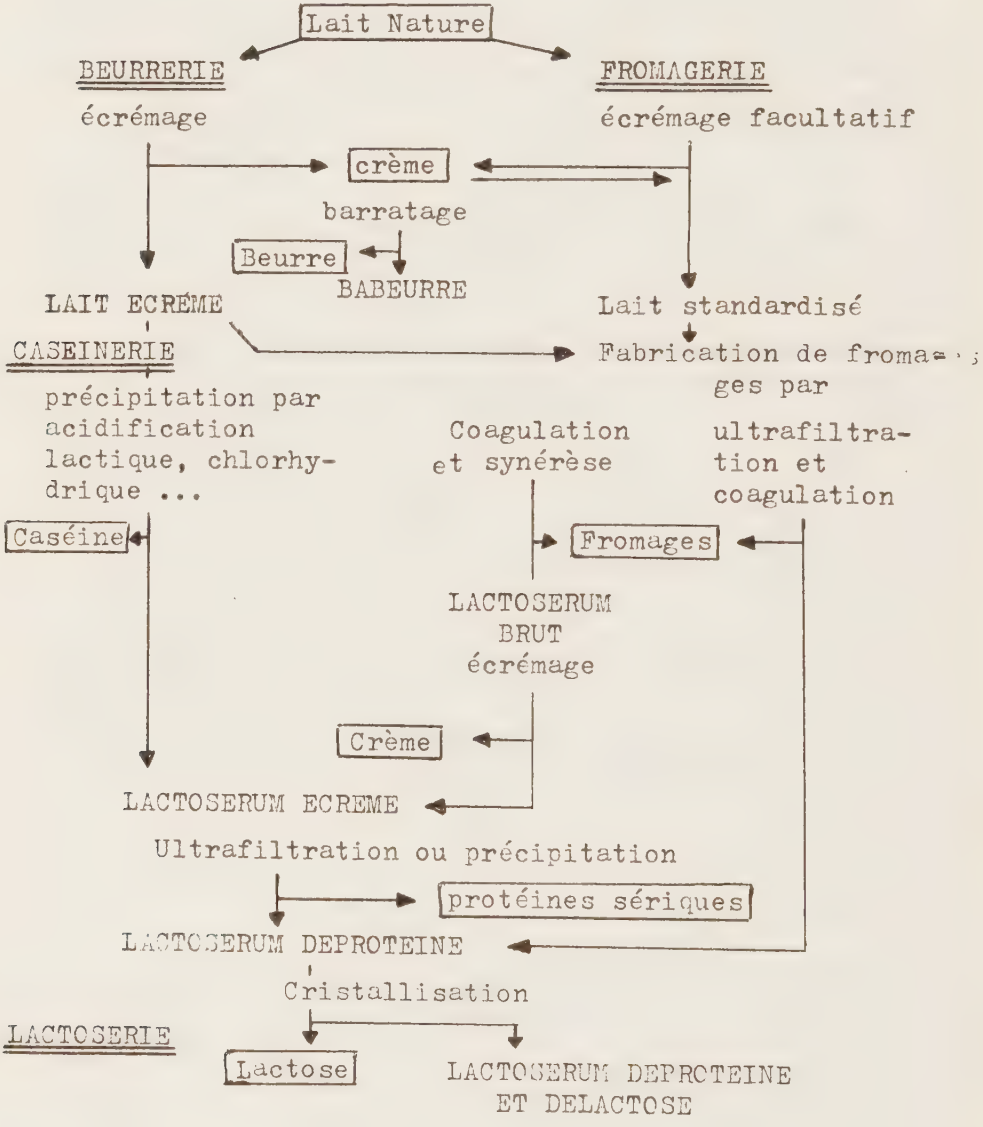
- les lactosérums acides issus des pâtes fraîches, des pâtes molles (camembert) et de la caséine-acide

- les lactosérums doux issus des pâtes pressées, des pâtes cuites et de la caséine-présure.

D'après Février (1977), on peut regrouper les lactosérums en 5 groupes liés à l'espèce animale fournissant le lait et à la technologie fromagère.

- les sérums doux issus de lait de vache après coagulation par la présure et égouttage forcé. Ils sont riches en protéines vraies et pauvres en calcium

Figure 1 - Principales voies industrielles de transformation du lait - Nature des dérivés obtenus



- les sérums acides issus de lait de vache après coagulation sous l'effet des fermentations lactiques. Ils sont moins riches en protéines vraies mais 2 à 3 fois plus riches en calcium que les précédents.

- les sérums intermédiaires issus de lait de vache après coagulation mixte, utilisant les deux procédés ci-dessus.

- les sérums issus du lait de brebis, le plus souvent après coagulation par la présure.

- les sérums issus du lait de chèvre, le plus souvent après coagulation sous l'effet des ferments lactiques.

Finalement on s'aperçoit que tous les sérums sont statistiquement différents mais cette typologie permet de donner une composition moyenne de chaque groupe de lactosérum.

B) Composition et variations saisonnières

La composition moyenne des différents types de lactosérums est rapportée dans le tableau 1. Les lactosérums étant pratiquement toujours écrémés avant utilisation, il est intéressant de connaître la composition de la matière séche délipidée (tableau 2).

Passons en revue les différents composants.

1°/ Teneur en matière sèche

De l'ordre de 70g/litre, elle est faible mais elle varie selon :

- l'espèce animale : elle atteint 83-84g/l chez la brebis
- la technologie laitière :
  . les sérums doux sont plus riches que les sérums acides
  . les eaux de lavage des tables d'égouttage ainsi que les fermentations diminuent la teneur en en matière sèche
  . elle peut être augmentée par concentration ou déshydratation du sérum.

Tableau 1 Compositions des divers types de lactosérums liquides(g/l.)(Février 1977)

Type de caillé	Vache			Brebis	Chèvre
	Présure	Mixte	Lactique	Présure	Lactique
Densité	1,0239	1,0247	1,0245	1,0234	1,0269
Matière sèche	70,84	70,49	65,76	83,84	62,91
Lipides	5,06	3,38	0,85	6,46	0,40
Matière sèche délipidée	65,78	67,11	64,91	77,38	62,51
Lactose	51,81	50,84	45,25	50,98	39,18
Azote total	1,448	1,454	1,223	2,933	1,466
Azote non protéique	0,368	0,414	0,536	0,796	0,669
Azote ammoniacal	0,041	0,090	0,140	0,129	0,176
Azote uréique	0,141	0,095	0,070	0,139	0,122
Acide lactique	0,322	2,226	7,555	1,763	8,676
Acide citrique	1,298	1,095	0,260	1,032	0,157
Cendres	5,252	5,888	7,333	5,654	8,361
Phosphore	0,412	0,470	0,649	0,545	0,703
Calcium	0,466	0,630	1,251	0,494	1,345
Potassium	1,455	1,491	1,485	1,281	1,812
Sodium	0,505	0,537	0,528	0,616	0,433
Chlorures (Nacl)	2,195	2,208	2,092	2,368	3,287

Tableau 2 Composition des lactosérums en % de la matière sèche délipidée(Février 1977)

Type de caillé	Vache			Brebis	Chèvre
	Présure	Mixte	Lactique	Présure	Lactique
Extrait sec délipidé	100	100	100	100	100
Lactose	78,76	75,76	69,71	65,88	62,68
Azote total (N)	2,20	2,17	1,88	3,79	2,35
Protéines Brutes(Nx6,38)	14,04	13,82	12,02	24,18	14,96
Protéines Brutes(Nx6,25)	13,75	13,56	11,75	23,69	14,69
Azote non protéique	0,56	0,62	0,83	1,03	1,07
Azote ammoniacal	0,06	0,13	0,22	0,17	0,28
Azote uréique	0,21	0,14	0,11	0,18	0,20
Acide lactique	0,49	3,32	11,64	2,28	13,38
Acide citrique	1,97	1,63	0,40	1,33	0,25
Cendres	7,98	8,77	11,30	7,31	13,37
Calcium	0,71	0,94	1,93	0,64	2,15
Phosphore	0,63	0,70	1,00	0,70	1,12
Potassium	2,21	2,22	2,29	1,66	2,90
Sodium	0,77	0,80	0,81	0,80	0,69
Chlorures(Nacl)	3,34	3,29	3,22	3,06	5,26

2°/ Teneur en matières grasses

Elle est très variable : de 0,5 - 1 g/litre pour les sérums issus de pâtes fraîches, elle atteint 5-6 g/l pour les sérums doux.

Elle dépend de la teneur en matières grasses du lait d'origine.

Elle dépend du type de fabrication : les fromages suisses par exemple demandent un lait enrichi en crème alors que les pâtes fraîches maigres proviennent d'un lait partiellement écrémé.

Le lactosérum des casérineries est écrémé puisqu'issu de lait écrémé (figure 1) tandis que le lactosérum des fromageries est écrémé après fabrication, ce qui fait que la teneur en matières grasses du lactosérum restitué par les laiteries est pratiquement nulle.

3°/ Teneur en lactose et acide lactique

Le lactose est le constituant principal du lactosérum qui en contient 40 à 50 g/l.

Le lactose est un diholoside constitué d'une molécule de D glucose et d'une molécule de D galactose. En fonction de la stéréochimie, on distingue le lactose α et le lactose β qui sont respectivement dans un rapport de 37,7 % et 62,2 % en solution à température ambiante.

Une molécule de lactose donne 4 molécules d'acide lactique par action des fermentations lactiques.

Les sérums issus de coagulation lactique sont plus riches en acide lactique que ceux issus de coagulation par la présure mais une très faible part du lactose est hydrolysée : 3-6 % dans les premiers contre 0-3 % dans les seconds.

En sortie de fabrication, on a une teneur en acide lactique de 0,2 à 8 g/l qui augmente en cours de stockage.

4°/ Teneur en matières azotées

Le lactosérum contient toutes les protéines du lait sauf la caséine (même si quelques particules de caillé sont entraînées lors de l'égouttage en quantité infime).

Après ultrafiltration, seul l'azote non protéique subsiste dans le lactosérum : les protéines solubles à longue chaîne sont retenues.

- Fraction azotée non protéique

Elle comprend l'urée, les sels ammoniacaux, les nucléotides, les peptides, les acides aminés combinés représentant 2 à 3 % de l'ANP. et les acides aminés libres représentant 0,3 % de l'ANP. dans les sérums doux et 0,6 % dans les sérums acides.

Le tableau n° 3 donne la composition de la fraction azotée des différents lactosérums.

Les teneurs en acides aminés sont peu modifiées par rapport au lait (tableau 4). L'apport de lysine est le plus intéressant avec 8,5 % des protéines puis vient la thréonine avec 5,8 %. En revanche, les teneurs en acides aminés soufrés restent modestes avec 3,9 % des protéines et constituent leur facteur limitant.

L'urée et les sels ammoniacaux sont valorisés chez les ruminants par la synthèse des protéines microbiennes alors que les acides aminés sont partiellement gaspillés, à l'inverse du porc.

- Fraction protéique vraie

Elle comprend les protéines solubles, surtout des β lactoglobulines (40 à 50 %) et des α lactoglobulines (20 %).

L'analyse de la fraction azotée montre que la part des protéines vraies diminue à mesure que le type lactique s'accentue. Simultanément la teneur en azote uréique diminue tandis que celle en azote ammoniacal augmente (Tableau 3).

Tableau 3 Composition de la fraction azotée des lactosérums (% de l'azote total)
(Février)

	Vache			Brebis	Chèvre
Type de caillé	Présure	Mixte	Lactique	Présure	Lactique
Azote total	100	100	100	100	100
Azote non protéique	25,4	28,5	43,8	27,1	45,6
Azote ammoniacal	2,8	6,2	11,4	4,4	12,0
Azote Uréique	9,7	6,5	5,7	4,7	8,3

Tableau 4 Composition en acides aminés des lactosérums et dérivés (g/16gN)
(Pion et Fauconneau 1966) (Février et Jung)

	Vache			Brebis	Chèvre
	Lait	Lactosérum doux	Lactosérum acide	Doux	Acide
Thréonine	4,60	5,80	5,70	6,10	5,95
Valine	7,15	7,81	5,29	5,70	5,85
Isoleucine	5,75	5,85	5,75	5,55	5,15
Leucine	10,00	9,58	8,94	7,95	8,30
Tyrosine	5,10	2,73	2,67	2,60	2,80
Phenylalanine	5,35	3,00	2,90	2,50	3,10
Méthionine	2,60	1,76	1,74	1,45	1,25
Cystine	0,90	2,10	2,11	2,20	2,20
Lysine	8,50	8,57	8,50	8,05	6,85
Histidine	2,90	1,65	1,92	2,20	2,15
Arginine	3,55	2,35	2,26	1,85	1,70
Tryptophane	1,47	1,10	-	-	-
Mat. Azotée % M.S.	36,00	12,10	11,50	11,23	9,89
A.A. Essentiels.	52,50	49,50	48,50	47,15	45,20

5°/ Matières minérales

Le tableau n° 5 montre la composition moyenne des lactosérums en fonction de leur origine.

La teneur en minéraux est élevée ; de l'ordre de 10 % par rapport à la matière sèche, elle peut atteindre 14-15 % dans les sérums très acides.

- Les macroéléments

Le potassium très abondant est présent à teneur quasi constante dans le lactosérum frais, de l'ordre de 2,5% par rapport à la matière sèche.

Le magnésium peu abondant dans le lait l'est encore moins dans le sérum (0,10 % environ) de façon constante.

En revanche le calcium et le phosphore liés à la caséine et relachés lors de la synérèse varient en fonction de la technologie fromagère.

Les lactosérums doux, moins minéralisés sont particulièrement pauvres en calcium et déséquilibrés sur le plan phosphocalcique. Ils ont cependant l'avantage d'avoir une composition minérale bien définie (1).

- Les oligo-éléments

Leur teneur varie en fonction de la technologie et du matériel de laiterie principalement.

Les lactosérums acides sont nettement plus hétérogènes. Ils offrent une variabilité considérable et fortuite en oligo-éléments provenant de la corrosion du matériel par l'acide lactique d'où une augmentation de la teneur en Zinc, en Fer, ou en Cuivre selon la nature du récipient et des conduits (1).

Tableau 5 Composition moyenne des lactosérums en fonction de leur origine technologique (1)

	Lactosérums doux		Lactosérums acides		
	Liquides	En poudre	Liquides provenant de pâtes fraîches	Liquides provenant de camembert	En poudre
Matière sèche (g/100 g ou ml)	25,1 ± 1,6	96,7 ± 1,6	5,84 ± 0,59	5,36 ± 0,77	94,9 ± 1,1
Cendres (g/100 g sec)	10,87 ± 0,78	10,52 ± 0,53	14,77 ± 0,92	13,77 ± 1,25	12,12 ± 0,53
Potassium (g/100 g sec)	2,33 ± 0,15		2,83 ± 0,15	3,27 ± 0,57	2,30 ± 0,10
Calcium (g/100 g sec)	0,46 ± 0,05		1,67 ± 0,21	0,88 ± 0,14	0,54 ± 0,02
Magnésium (g/100 g sec)	0,11 ± 0,008		0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,11 ± 0,008
Phosphore (g/100 g sec)	0,73 ± 0,08		1,26 ± 0,15	1,11 ± 0,10	0,75 ± 0,02
Rapport Ca/P	0,63		1,33	0,79	0,72
Zinc (mg/100 g sec)	0,20 ± 0,08		4,60 ± 0,40	0,58 ± 0,43	0,19 ± 0,04
Fer (mg/100 g sec)	0,28 ± 0,14		0,38 ± 0,07	0,66 ± 0,19	0,40 ± 0,06
Cuivre (µg/100 g sec)	47 ± 24		59 ± 9	61 ± 7	40 ± 5
Manganèse (µg/100 g sec)	20 ± 5		49 ± 5	45 ± 7	35 ± 6
Molybdène (µg/100 g sec)	<300		<300	<300	<300
Cadmium (µg/100 g sec)	< 60		< 60	< 60	< 60
En p. 100 des cendres :					
Calcium	4,21		11,27	6,42	4,45
Potassium	21,39		19,66	23,78	18,97
En p. 10.000 des cendres :					
Zinc	0,18		3,11	0,42	0,15
Fer	0,26		0,25	0,48	0,33

(1) Moyenne et écart-type

6° / Vitamines

L'écrémage du lactosérum à la sortie des fromageries le prive pratiquement de toutes les vitamines liposolubles (A, D, E, K)

Par contre les vitamines hydrosolubles y sont abondantes : ce sont les vitamines du groupe B surtout. Le tableau n° 6 montre la variabilité importante qui existe au niveau des différents sérums. C'est à la vitamine B 2 (Riboflavine) que le lactosérum doit sa couleur jaune verdâtre.

Les vitamines B1 et B2 (Thiamine et Riboflavine) sont altérées et décomposées par la chaleur et la lumière lors du stockage.

7° / Variations saisonnières

Indépendamment des variations dues à la technologie et à l'espèce animale, les lactosérums tout comme les laits dont ils sont issus, connaissent des variations saisonnières (14).

Cela se traduit principalement par une chute de la teneur en protéines totales en hiver et au début du printemps et par une teneur maximum en automne.

Dans une moindre proportion, certains minéraux peuvent suivre ces fluctuations.

Grancher (1981) note une augmentation sensible du taux de chlorures et de potassium à la mise à l'herbe:

Adrian et Bourlier (1980) remarquent que la grande variabilité des teneurs en minéraux et surtout en oligo-éléments est indépendante du cycle saisonnier.

Tableau 6 - Variabilité de teneur en vitamines dans le lactosérum liquide

(Blanc 1969)
(Hartman et Dryden 1974)
(Hargove 1975)

Vitamines	mg/ 100 g M S
Vitamine A (UI)	# 160
Thiamine	4,6 - 6,2
Riboflavine	7,7 - 28,6
Pyridoxine	6,0 - 12
Panthoténate de Ca	32 - 71
Niacine	11 - 16
Biotine	0,20 - 0,30
Cobalamine B 12	0,025- 0,045
Acide folique	# 1,52
Choline	# 1340
Acide ascorbique	30 - 40

C) Conservation, évolution, stockage

Le lactosérum, solution plus ou moins acide, représente un bon milieu de culture pour de nombreux germes : bactéries, levures, moisissures.

Ce liquide opalescent jaune citrin clair à l'origine peut alors prendre un aspect peu appétissant avec de nombreuses moisissures en surfac e et dégager une odeur nauséabonde.

1°/ Fermentations

Février et Chauvel (1977) classent les germes contenus dans le lactosérum en 3 groupes selon le rôle qu'ils jouent dans l'évolution du sérum :

- les germes produisant des fermentations favorables
- les germes produisant des fermentations indésirables
- les germes pathogènes.

Voyons successivement ces trois groupes de germes :

- les fermentations favorables :

Elles n'entraînent aucune perte de substance mais elles modifient la composition du sérum dans un sens qui s'oppose au développement des fermentations indésirables et dangereuses.

Elles transforment le lactose hydraté en acide lactique

$$C_{12}H_{22}O_{11}, H_2O \rightarrow \underset{\text{glucose galectose}}{2\ C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{acide lactique}}{4\ CH_3 - CHOH - CHOH}$$

Elles sont dues à des bactéries lactiques homofermentaires (Streptocoques - Lactobacilles) qui entraînent l'acidification des sérums doux.

- les fermentations indésirables :

Sans être dangereuses, elles entraînent une perte de substance nutritive, notamment sous forme de gaz.

Elles transforment le lactose en acide acétique, en alcool, en gaz carbonique.

Elles sont dues à des germes hétérofermentaires regroupant des bactéries (Leuconostocs, Clostridies, bactéries propioniques), des levures (Candida, Saccharomyces ...) et des moisissures (Penicillum - Géotrichum).

Tous ces germes se développent plus facilement en milieu neutre donc dans les lactosérums doux.

- les germes pathogènes :

Ils peuvent être présents dans le lactosérum provenant de laits crus ou par recontamination ultérieure.

Citons les plus fréquents et les plus redoutables : Escherichia coli, Clostridium perfringens, Brucella abortus, le virus de la fièvre aphteuse.

Nous y reviendrons en évoquant l'influence du lactosérum sur l'hygiène et la santé du troupeau.

2° / Evolution qualitative au cours du stockage

La conservation des lactorérums à 4°C permet de maintenir la composition chimique initiale pendant 5 jours. Par contre, à température ambiante, fermentation et protéolyse apparaissent et modifient la composition chimique. On note une perte importante de matière sèche surtout pour les sérums doux (tableau 7).

Si les conditions de stockage ne sont pas respectées, on arrive alors à des pertes considérables.

Tableau 7 Perte de matière sèche au cours du stockage (WIT et MULDER 1969)

Durée du Stockage	8 Jours	14 Jours
Pertes de M.S (Sérumacide)	4,3 %	15,3 %
Pertes de M.S (Sérum Doux)	8,6 %	21,9 %

On note également une augmentation de l'acidité surtout sur les sérums doux.

Enfin, on remarque une altération des protéines plus accentuée dans les sérums doux également. La teneur en azote uréique diminue alors que celle de l'azote ammoniacal augmente. Il y a apparition d'amines considérées comme toxiques telles que la tyramine et l'histamine.

Ces altérations se traduisent par une perte considérable au niveau de la valeur énergétique du lactosérum (tableau 8). Il faut environ 15 litres de lactosérum fermenté pour avoir la même valeur énergétique que 12 litres de lactosérum frais.

L'évolution de la composition du lactosérum au cours du stockage peut être influencée par 2 facteurs essentiels : la température et la présence d'un pied de cuve :

- une température élevée entraîne une augmentation rapide de l'acidité.

- la technique du pied de cuve consiste à maintenir en permanence un fond de sérum acide dans la cuve de stockage. Ceci est à proscrire car le nettoyage est alors impossible et on ne peut contrôler les germes qui se développent. Il faut préférer l'utilisation d'un levain contrôlé pour maîtriser l'évolution de l'acidité.

3° / <u>Conservation du lactosérum</u>

Comment conserver ce produit aussi altérable ?

Nous allons passer en revue les procédés physiques et chimiques utilisables :

Tableau 8 Effets des fermentations sur la diminution de la valeur énergétique du lactosérum (Février 1977)

Type de sérum	Présuré		Lactique	
	Frais	Fermenté	Frais	Fermenté
Acidité °DD	15	168	36	168
Matière sèche g/l	68,5	53,5	66,6	56,4
Matières azotées % MS	12,9	16,2	12,6	15,1
Energie Kcal / kg M.S.				
Digestible	3 840	3 660	3 830	3 640
Métabolisable	3 714	3 521	3 706	3 510
Nette	2 645	2 497	2 645	2 497
Volume de Lactosérum équivalent à 1 U.F.	11,4	15,4	11,8	14,6

- Agents physiques

- La pasteurisation n'empêche pas l'évolution chimique du sérum ;
- la stérilisation est trop coûteuse ;
- le froid n'est pas tellement rentable. A 4 °C, l'acidité demeure constante mais il faut des cuves de stockage calorifugées et réchauffer le sérum avant sa distribution en l'état.

- Agents chimiques

Les substantes actives sont des antibiotiques, des bactéricides ou des bactériostatiques dont l'addition dans les aliments n'est pas autorisée par la législation française (décret du 28 novembre 1973).

- L'eau oxygénée à 30 volumes utilisée en Suisse et en Italie à une concentration de 3 °/$_{oo}$ permet de conserver le sérum quelques jours.

- l'ozone utilisé pour la stérilisation de l'eau est trop couteux.

- Le chlore sous forme de chlore gazeux, hypochlorites, a l'inconvénient d'augmenter le taux de chlorures déjà élevé dans le lactosérum.

- Les ammoniums quaternaires à la dose d'emploi de 1/10 000 laissent se développer les coliformes alors qu'à des doses plus élevées ils précipitent les protéines.

- Les antibiotiques (auréomycine, oléandomycine, terramycine) ont été essayés mais restent trop coûteux.

- Le formol, bactériostatique, facile à employer et bon marché demeure le plus employé. Le formol à 30 % à la dose de 0,1 °/$_{oo}$ permet de conserver le sérum 3 à 4 jours. C'est ce qu'utilisent la plupart des éleveurs désireux de diminuer le nombre de livraisons du lactosérum.

Le conservateur doit toujours être réparti de manière homogène dans le sérum brassé à l'aide d'une pompe tout en veillant à l'hygiène des manipulations. Pour allonger la durée de conservation, il est préférable de renouveler l'apport du conservateur plutôt que de doubler la dose initiale.

La conservation du lactosérum liquide pendant 3 jours à une température ambiante de 20 à 35° C donne des résultats satisfaisants d'un point de vue physico chimique. Par contre, il n'en est rien d'un point de vue bactériologique : E. Coli germe test des bactéries pathogènes et toxinogènes trouvant dans ce cas des conditions favorables à son développement.

Compte tenu de ce risque de contamination, il semble qu'il ne faille pas dépasser 48 Heures de conservation à la ferme, notamment en été. L'utilisation du formol à la dose de 0,1°/$_{oo}$ permet de remédier à ce problème en assurant une bonne qualité hygiénique, une meilleure stabilité physico chimique et par la même une valeur nutritive supérieure.

4°/ Stockage du lactosérum

Le lactosérum, en particulier acide, est un produit corrosif nécessitant un matériel adapté pour son transport, son stockage et sa distribution (cf. teneur en matières minérales du lactosérum).

L'acier inoxydable est très convenable bien que sensible à la corrosion par les chlorures abondants dans le lactosérum ou dans les désinfectants.

Les résines synthétiques (type polyester) sont idéales. Lors des essais réalisés dans la Sarthe, les éleveurs s'approvisionnent eux-mêmes à la laiterie ; les cuves de stockage sont montées sur roues ; ce sont des citernes en acier inoxydable de capacité variable suivant la taille du troupeau comme nous le verrons dans la partie pratique.

Les bacs de distribution sont en polyester.

Au contact du matériel, le lactosérum dépose un film de matières organiques, siège de fermentations indésirables : il faut donc nettoyer et désinfecter souvent.

Veisseyre (42) conseille pour cela de :

- rincer à l'eau pour enlever le plus gros des pollutions.

- brosser avec une solution à 50 ° C de soude caustique 4-5 g/litre et phosphate trisodique 4-5 g/litre.

  Si possible tremper pendant 1/2 heure.

- rincer à l'eau chaude à 50 °C.

- désinfecter avec du silicate de sodium (5 g/ litre) et de l'eau de javel en fonction de son titre chlorométrique

12 °	0,66 l / 10 litres d'eau
16 °	0,88 l / 10 litres
18 °	1 l / 10 litres

En pratique, le matériel est nettoyé chaque fois qu'il est vide (la citerne tous les 3 - 4 jours et les bacs tous les jours). La désinfection se fait une fois par semaine.

Le premier élément de réussite dans l'emploi du lactosérum en alimentation animale, c'est son respect en tant qu'aliment sain, loyal et marchand. Le moyen d'y parvenir est un respect des règles les plus élémentaires d'hygiène et de bactériologie tant à la laiterie qu'à l'élevage.

D) Principaux débouchés

Autrefois rejeté dans les petites rivière par les petites unités fromagères, le lactosérum ne peut plus être abandonné de la sorte.

- L'épandage est encore pratiqué de nos jours. Selon le climat et les sols, un hectare peut absorber environ 10 000 litres de sérum 20 fois par an. Cette pratique se trouve limitée par les faibles surfaces utilisables, la saturation des sols lors de pluies, la présence de cultures à certaines périodes et la proximité des champs.

- Le traitement en station d'épuration pratiqué aux périodes de forte production revient à environ 0,10 franc par litre, ce qui limite son exploitation.

On a pu constater au vu de la composition du sérum que celui-ci valait la peine d'être utilisé comme aliment.

- Les porcheries d'engraissement absorbaient autrefois une grande part de lactosérum : chaque fromagerie avait sa porcherie et desservait celles de ses fournisseurs en lait. Mais l'augmentation de la production et la concentration des unités fromagères font que ce débouché reste limité. Il faudrait grouper les porcheries autour des industries laitières mais il y aurait alors le problème du lisier.

- Le séchage et la fabrication de poudre constituait jusqu'à maintenant le débouché principal du lactosérum qui entrait à des taux modestes ne dépassant pas 15 P. 100 dans les aliments pour veaux de boucherie, à des taux élevés, 70 à 75P.100 dans les alimentsd'allaitement "sans lait" destinés aux veaux d'élevage mais leur consommation est faible. De plus le séchage est un procédé coûteux en énergie.

- En alimentation humaine, la France utilise très peu les dérivés du lactosérum : en 1975, seulement 5 % du lactosérum séché était destiné à l'alimentation de l'homme contre 50 % aux Etats Unis. Pourtant le lactosérum riche en lactose est un aliment énergétique qui contient des protéines de grande qualité d'où ses nombreuses utilisations après différents procédés de fractionnement (Tableau 9).

Il est cependant souhaitable de développer les utilisations simultanées de tous les composants car l'extraction de l'un ou l'autre composant ne fait que déplacer le problème d'épuration des résidus. Citons principalement les boissons (sérum + arôme et stabilisant) le "Whey Cheese" (fromage de sérum) et le "Whey butter" (beurre de sérum) évaporés sous vide et les poudres de sérum incorporées dans les patisseries et charcuteries.

Si les utilisations sont nombreuses et la gamme très étendue, les marchés n'en demeurent pas moins relativement étroits et vite saturables.

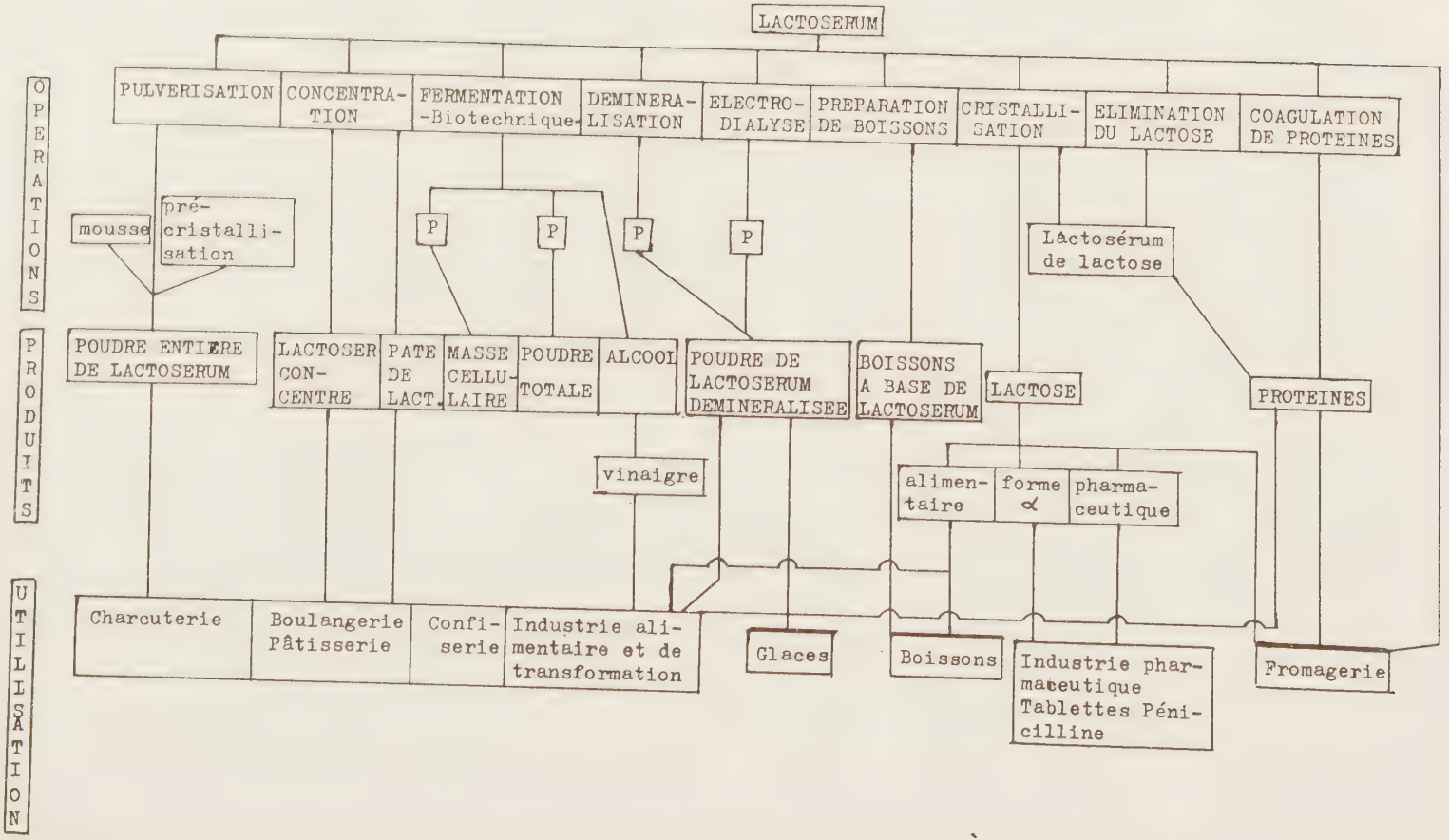
- En alimentation animale, on parvient à écouler un plus gros volume de lactosérum sous différentes formes :

. Le lactosérum concentré à 50-60 % de matière sèche pour les porcs et les volailles. C'est un aliment solide, facile à transporter mais coûteux en énergie.

. Le lactosérum concentré à 30 % de matière sèche environ est un aliment semi-liquide utilisé en mélange aux sources azotées (Urée) comme source énergétique ou bien incorporé dans les ensilages comme conservateur.

. Le lactosérum liquide à l'état pur, objet de notre étude, est très apprécié des vaches laitières et constitue un aliment de grande valeur comme nous allons le voir maintenant.

Tableau 9 Différents procédés d'extraction ou d'utilisation des différents composants du lactosérum (7)



II LE LACTOSERUM LIQUIDE : ALIMENT DE LA VACHE LAITIERE

Avant d'incorporer le lactosérum à la ration, analysons son appétence, sa valeur énergétique et azotée.

A) Ingestibilité

Offert en l'état et à volonté à des bovins, le lactosérum est consommé en quantités variables selon la composition de la ration et les quantités d'eau disponibles.

Par contre, il ne semble pas que le type de lactosérum doux ou acide ait une influence sur les quantités ingérées.

Le tableau 10 résume les données de différents auteurs à ce sujet.

En moyenne, les vaches laitières consomment 65 litres par jour avec des rations à base d'ensilage de maïs ou de foin lorsque l'eau est offerte à volonté.

Les consommations liquides totales restent les mêmes pour tous les traitements ainsi que les consommations totales de matière sèche. Ainsi les quantités d'eau ingérées par kg de matière sèche ingérée restent voisines des valeurs couramment admises soit 4 à 4,5 litres par kg de matière sèche ingérée.

Lorsque la ration de base (foin par exemple) est limitée, la distribution de lactosérum à des bovins se traduit par une augmentation pratiquement équivalente de la matière sèche totale ingérée et une augmentation importante des quantités d'urine produites : 16 litres par jour au lieu de 8,5 litres (37).

Tableau 10 Quantité de lactosérum ingérée en fonction du type d'animaux, de la composition de la ration et des quantités d'eau disponibles

AUTEURS	Conditions expérimentales									Lactosérum bu			Eau bue
	Animaux	Effectif	Durée essai	Fourrage Nature	Fourrage Kg M.S. ingérés	Concentré a) Nature	Concentré a) Kg M.S. ingérés	Lactosérum c) nature	Eau	en l	en kg MS.	% R.T.	en l.
Anderson et cl 1974	Vaches PL d) 22 PV np	2	16 s	foin ad lib.	12,7 b)		6,4 b)	doux ad lib.	ad lib	0	0	0	90
		2			8,3		6,3		30 l	60	3,8	21	30
		2			8,3		6,3		15 l	75	4,7	24	17
		2			7,1	np	6,2		0	90	5,7	30	0
	Vaches PL et PVnp	16	6 s	foin ad lib.	np	np	4,1		ad lib	64	3,8	np	36
Remond et cl 1978	Vaches PV 490 PL 18	33	11 s	ensilage maïs ad lib.	9,8	céréales tourteau 60 - 40	2,8	doux ad lib.	ad lib	47	2,7	18	np
	Vaches PV 580 PL 34	11	7 s	ensilage maïs ad lib.	9,7	60 - 40	5,2	doux ad lib	ad lib	85	4,9	25	np
	Vaches PV 570 PL 16	7	6 s	ensilage maïs ad lib.	9,7	20 - 80	1,1	limité substi. au conc.	ad lib	42	2,5	19	np
		7			9,8	85 - 15	3,4			0	0	0	
Rogers et cl 1977	Vaches taries PV 490	4	17 j	foin limité	7,1	tourteau soja	0,3	acide limité	ad lib	0	0	0	np
		4			6,6		0,3			42	2,1	24	

a) le concentré a toujours été offert en quantités limitées
b) évaluation en prenant comme valeur de MS 6 % pour le lactosérum et 85 % pour le foin et le concentré
c) le lactosérum a toujours été offert sous forme liquide
d) PL : production laitière moyenne en Kg - PV : poids vif moyen en Kg

Il semble donc que le lactosérum se substitue d'une part à l'eau lorsque celle-ci est limitée ou supprimée et en quantité sensiblement égale, d'autre part à la matière sèche de la ration, en particulier au concentré en quantité équivalente dans la mesure où les quantités d'eau ingérées sous forme de lactosérum ne sont pas trop élevées.

Il existe des variations saisonnières qui suivent les variations d'abreuvement en général. Les quantités ingérées augmentent avec la température et diminuent lorsque la pluviométrie augmente (figure 2).

B) Valeur énergétique

De part sa richesse en lactose, le lactosérum est un aliment énergétique noble.

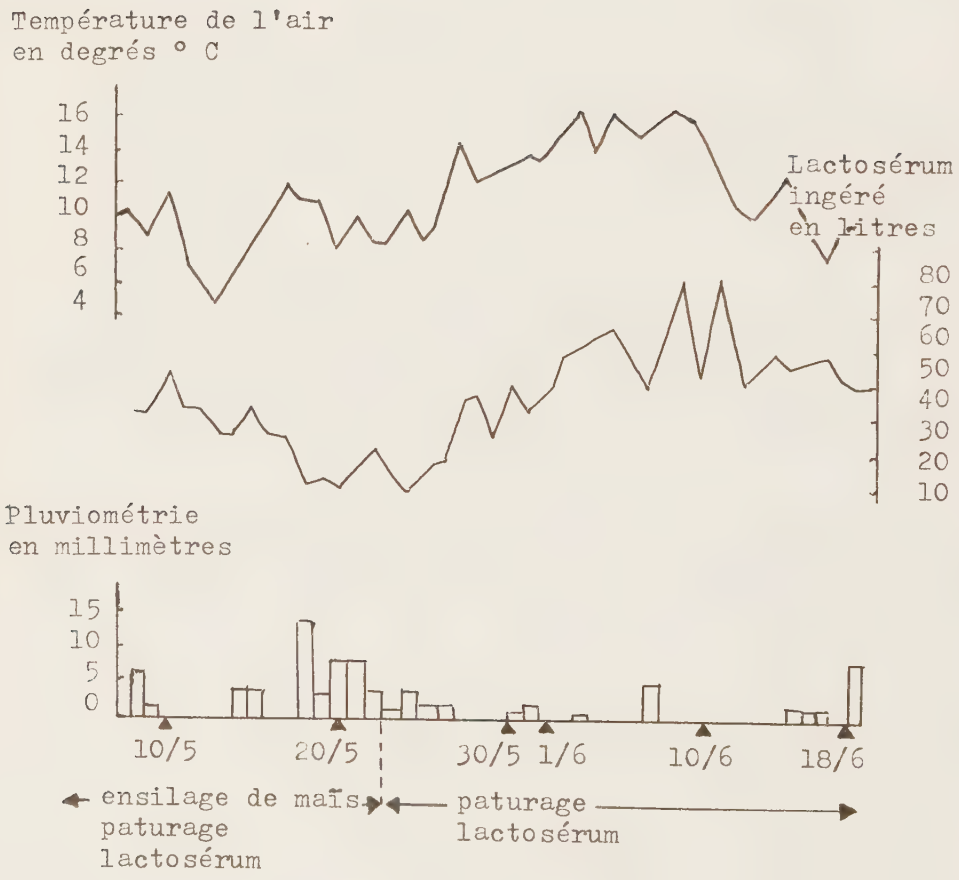
1° / Digestibilité du sérum liquide

Rogers et collaborateurs (37) ont mesuré la digestibilité d'un sérum liquide acide par différence entre une ration de base et une ration de base avec sérum. Pour le lactosérum seul, ils ont obtenu un coefficient de digestibilité de la matière sèche de 82,6 %.

Schingoethe et collaborateurs (40) obtiennent 81,7 % pour des taureaux recevant une ration composée de 10 à 20 % de matière sèche sous forme de lactosérum entier en poudre. Par la même, ils montrent que le lactose a un effet stimulant sur la digestibilité des autres composants de la ration.

Pourtant certains auteurs admettent que la digestibilité des composants fibreux de la ration diminue légèrement quand on distribue du lactosérum aux animaux (37)/

Figure 2 - Variations saisonnières de l'ingestion
(B. Remond et Coll 1978)



2° / Digestion du lactose

Le lactose est un diholoside formé de D-galactose et de D-glucose. Son métabolisme s'effectue en anaérobiose en deux temps.

Au niveau du rumen, il y a scission du lactose en glucose et galactose (non fermentescible); ce dernier étant isomérisé en glucose. La majeure partie est transformée soit en acides gras volatils, soit en acide lactique lui-même métabolisé en A.G.V. si la flore du rumen est adaptée à ce substrat (13).

L'ingestion du lactose entraîne une baisse du pH du rumen pendant 2 à 3 heures. Les valeurs redeviennent comprises entre 6 et 7 au-delà de 3 heures.

La concentration totale d'A.G.V. dans le jus de rumen n'est pas modifiée mais la composition de leur mélange varie avec l'introduction du lactosérum dans la ration : il y a une augmentation importante d'acide butyrique et chute importante d'acide propionique et acétique (tableau 11).

3° / Valeur énergétique

La valeur énergétique du lactosérum a été calculée à partir des équations I.N.R.A. 1978. On trouve ainsi les valeurs suivantes :

1,12 U F L / kg M.S.

1,12 U F V / kg M.S.

Les variations sont minimes en fonction du type de lactosérum. D'après Thivend (1978) on aurait respectivement 1,08 U F L et 1,10 U F V par Kg de M.S. pour les sérums doux et

1,12 U F L et 1,14 U F V par Kg de M.S. pour les sérums acides.

Ainsi, la valeur nutritive de la matière sèche du lactosérum est voisine de celle de l'orge (1,00 U F L / kg M.S.) comme l'avait remarqué Anderson en 1975.

Tableau 11 - Digestion du Lactose et de l'urée dans le rumen
(Thivend et Ehouinsou, 1977)

	Témoin	Régimes Expérimentaux			
Composition des régimes % .M.S.					
- Lactose	-	16,5	34,0	58,0	72,0
- Urée	-	1,3	2,3	4,1	5,6
- Foin Luzerne	100	79,5	58,5	28,3	11,4
Caractéristiques jus rumen					
- ph	6,65	6,55	6,51	6,32	6,24
- proportion molaire d'AGV					
+ acide acétique	69,2	58,4	54,7	53,7	56,1
+ acide propionique	19,7	15,1	19,4	15,4	13,8
+ acide butyrique	6,7	23,4	23,3	27,0	25,9
Concentration en acide lactique g/l	0,04	0,18	0,24	0,32	0,14
Teneur en azote ammoniacal mg/100 ml	28,8	26,1	21,5	24,2	23,2

C) Valeur azotée

1° / Digestibilité

Rogers et Coll. ont trouvé un coefficient de digestibilité moyen de 68,8 % pour les matières azotées du sérum.

Schingoethe et Coll. (37) obtiennent 68,9 % dans les conditions précédemment citées.

Le lactose n'augmente pas la digestibilité des matières azotées de la ration. Elle a même tendance à diminuer lorsque la proportion de lactosérum en poudre augmente dans la ration (39).

Cela semble dû au fait que les protéines du sérum étant très solubles, elles sont rapidement dégradées en ammoniac et en protéines d'origine microbienne, ce qui fait que les protéines des autres constituants moins solubles peuvent ne pas être converties en protéines microbiennes.

Le lactosérum stimule la synthèse des protéines microbiennes, ce qui améliore l'utilisation de l'azote non protéique des autres constituants de la ration.

Ehouinson (13) a montré que le lactose permettait une excellente utilisation de l'azote soluble alimentaire, en particulier de l'azote uréique : en effet, la concentration moyenne en ammoniac du jus de rumen a tendance à diminuer avec les régimes sans urée au fur et à mesure que le pourcentage de lactose augmente dans la ration ; avec les régimes contenant de l'urée (jusqu'à 5-6 % de la matière sèche totale) les concentrations moyennes en ammoniac du jus de rumen n'ont pratiquement pas varié.

2° / Valeur protéique

D'après les équations établies par l'I.N.R.A. en 1978, la valeur azotée du lactosérum s'établirait comme suit :

PDIE : 60 à 65 g / kg M.S.
PDIN : 70 à 75 g / kg M.S.

Cependant, il est vraisemblable que l'on sous-estime de cette manière la valeur PDIE du lactosérum. En effet, celle-ci est calculée en fonction de la matière organique digestible qui détermine la quantité de protéines microbiennes synthétisées (135 g / kg M.O.D.). Or, la fourniture de quantités importantes de lactose, sucre rapidement fermentescible, augmente la synthèse microbienne : il est donc probable que la valeur PDIE du lactosérum soit supérieure à 65 g/ kg M.S.

D) Minéraux et vitamines

1° / Composition minérale

Les tables INRA 1978 donnent les valeurs suivantes pour un lactosérum acide écrémé :

0,65 g P / kg produit brut
et 1,25 g Ca/ Kg produit brut

pour une teneur en matière sèche de 6,6 % soit

9,84 g P / kg M.S.
et 18,93 g Ca/ kg M.S.

Les sérums sont riches en potassium (> 20 g/kg M.S.), en sodium et en chlorures.

Comme nous l'avons vu, les teneurs en minéraux sont variables en fonction des sérums mais la richesse en potassium, sodium et chlorures est constante alors que le calcium est en général moins abondant dans les sérums doux.

Les oligoéléments sont aussi très variables.

2° / Digestibilité

Elle a été très peu étudiée mais Schingoethe en 1976 n'a pas trouvé de différence de digestibilité du calcium, du magnésium et du phosphore entre les régimes avec ou sans lactosérum mais il y avait seulement 1,1 % de la matière sèche totale sous forme de sérum.

Plus récemment Rayssiguier et Poncet (1979) ont montré qu'un apport de lactose (400 g / jour) dans une ration pour mouton de 700 g / jour de foin de luzerne augmente la digestibilité du magnésium, du calcium et du phosphore. L'augmentation des quantités d'eau ingérée, les modifications fermentaires et l'augmentation de la solubilité du magnésium due à la baisse du ph du rumen suite au lactose pourraient expliquer l'augmentation de la digestibilité du magnésium.

Pour le sodium, on note une augmentation de l'excrétion urinaire et pourtant il y aurait une augmentation de la rétention sodée dans l'organisme.

Le potassium est absorbé en beaucoup plus grande quantité mais l'excrétion urinaire augmente d'autant.

3° /Les vitamines

Les vitamines du groupe B sont abondantes dans le lactosérum mais leur teneur est variable. Certaines peuvent être altérées ou détruites au cours des opérations de stockage et transport d'où l'impossibilité de quantifier cet apport.

Le lactosérum n'apporte pas de vitamines liposolubles puisqu'il est la plupart du temps écrémé.

L'utilisation du lactosérum chez la vache laitière en substitution d'une partie de foin du régime améliore l'utilisation digestive de la ration. Elle oriente les fermentations du rumen dans un sens favorable à la formation de butyrates. Elle permet une bonne utilisation de l'ammoniac dans le rumen, ce qui explique l'amélioration de la digestibilité apparente de l'azote total.

III QUELQUES ESSAIS D'UTILISATION DU LACTOSERUM LIQUIDE ACIDE DANS LE DEPARTEMENT DE LA SARTHE.

Après avoir envisagé les modalités pratiques d'incorporation du lactosérum liquide à la ration, on essaiera de faire une approche économique de l'utilisation de cet aliment.

A) Composition moyenne et valeur alimentaire du lactosérum utilisé.

Une analyse de la composition du lactosérum à l'arrivée à la ferme de trois livraisons à 10 jours d'intervalle révèle une teneur quasi constante en différents constituants et une acidité stable (tableau 12).

Le tableau 13 nous donne la valeur alimentaire du sérum utilisé.

B) Approvisionnement et distribution.

La plupart des éleveurs utilisant le lactosérum liquide s'approvisionnent eux-mêmes à la laiterie du fait de sa proximité : 5 à 10 kilomètres. L'éleveur se ravitaille 2 à 3 fois par semaine et dispose à cet effet d'une citerne en acier inoxydable qui sert en même temps au stockage à la ferme.

Le lactosérum est mis à la disposition des bovins dans des bacs de distribution hémicylindriques en polyester d'accès facile pour l'éleveur (la citerne tirée par un tracteur doit approcher facilement des bacs où le lactosérum descend par gravité par l'intermédiaire d'une vanne et d'un tuyau) et pour les bovins (on évite ainsi les problèmes de concurrence).

Tableau 12 - Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum acide brut de 3 livraisons à 10 jours d'intervalle (g/ litre)

	1°livraison	2°livraison	3°livraison	Moyenne
P^H	4,4	4,4	4,5	4,4
Acidité Dornic	56	55	61	57
Matière sèche	64	64	63	64
Matière protéique (N x 6,39)	7,4	8,1	7,2	7,6
Azote ammoniacal	0,17	0,15	0,16	0,16
Azote uréique	0,06	0,06	0,13	0,08
Lactose	37	36	38	37
Cendres	6	6	7	6,3
Chlorures	1,6	1,6	1,7	1,6
Ca	1,0	1,2	1,2	1,1
P	0,7	0,7	0,7	0,7
K	1,5	1,3	1,4	1,4
Mg	0,1	0,1	0,1	0,1

Tableau 13 - Valeur alimentaire du lactosérum acide utilisé

	% M.S.	UFL	PDIN	PDIE	MAD	Ca	P
par Kg M.S.	100	1,10	: 70	60	80	17	11
par litre de produit brut	6,4	0,08	5	4	5,5	1,1	0,

Les bacs permettent à 5 - 6 vaches de s'abreuver simultanément.

La capacité de stockage est calculée pour un approvisionnement de 3 jours en lactosérum brut : ce qui donne en fonction de l'effectif les capacités suivantes pour la cuve de stockage et les bacs de distribution.

Effectif vaches laitières	20	30	40
Cuve stockage	3.000 l	4.000 l	5.000 l
Bacs de distribution	1.000 l	1.000 l	2x1.000 l

Le lactosérum acide brut se conserve très bien 2 jours en hiver. En été et lorsqu'on veut le conserver plus longtemps (week-ends) on ajoute du formol à la dose de 1°/$_{oo}$ dans la citerne de stockage : il se conserve alors 4-5 jours.

Le matériel est nettoyé régulièrement chaque fois qu'il est vide mais les animaux s'en chargent souvent eux-mêmes au niveau des bacs : il suffit de rincer à l'eau tous les soirs et de désinfecter à l'eau de Javel une fois par semaine.

Ainsi, les vaches laitières s'adaptent rapidement au lactosérum liquide plus appétent que le concentré. Une légère réduction de l'apport de fourrages facilite cette adaptation.

La consommation varie en fonction de la ration de base. Elle diminue lors d'un changement de régime : mise à l'herbe en particulier ; elle diminue lorsque la ration contient des choux:

En Kg M.S./vache/jour	Troupeau 1	Troupeau 2
Ensilage maïs 30 % M.S.	8,2	11,3
Foin	1,0	0,7
Choux	3,0	-
Lactosérum	1,6	2,3

Tableau n° 14 - Exemples de rations enrichies en lactosérum.

C) Rationnement pratique

En comparant 2 rations B et C incorporant différentes quantités de lactosérum par rapport à une ration A classique sans lactosérum, nous allons voir que ce dernier permet d'économiser le concentré de production (ration B) ou à la fois le concentré de production et le fourrage (ration C).

1°/ Ration classique : ration A

Elle comprend 38 kg d'ensilage de maïs à 30 % de matière sèche, 1 kg de foin de graminée à 85 % de matière sèche. Ainsi déficiente en PDIN, elle est équilibrée pour une production de 15,2 kg de lait par jour avec 1,5 kg de tourteau de soja - 50.

Pour soutenir des productions laitières supérieures à 15,2 kg, il faut apporter un concentré de production classique (2 parties d'orge pour 1 partie de tourteau de soja - 50) permettant la production de 2,3 kg de lait par kg de concentré.

L'équilibre minéral de cette ration est assuré avec 300 kg de CMV (concentré minéral vitaminisé) type 6-24 par jour et 20 g de carbonate de calcium par kg de concentré et par jour.

2°/ Ration B où le lactosérum économise le concentré de production

Elle comprend, en plus de la ration de base précédente, 35 litres de lactosérum acide à 6,4 g de matière sèche par litre. Ainsi déficiente en PDIN, elle est équilibrée à 22,2 kg de lait par jour avec 2,1 kg de tourteau de soja-50.

L'équilibre minéral est assuré par 100 g de CMV type 6-24 par vache et par jour.

On note donc une économie du concentré de production puisque celui-ci ne sera nécessaire que pour les vaches ayant une production supérieure à 22,2 kg de lait au lieu de 15,2 kg dans la ration A.

A noter également, l'économie de minéraux : 100 g de CMV 6- 24 au lieu de 300 g dans la ration A.

3°/ Ration C où le lactosérum économise fourrage et concentré de production

On rationne l'ensilage de maïs à 30 kg par jour, le foin demeure à 1 kg et le lactosérum passe à 50 litres. Déficiente en PDIN, la ration est équilibrée à 19,2 kg de lait par jour avec 1,9 kg de tourteau de soja - 50.

L'équilibre minéral est assuré avec 50 g de carbonate de calcium par jour seulement.

Ramenons les 3 rations à un niveau de production de 22,2 kg de lait par jour pour une vache de 600 kg de poids vif (figure 3)

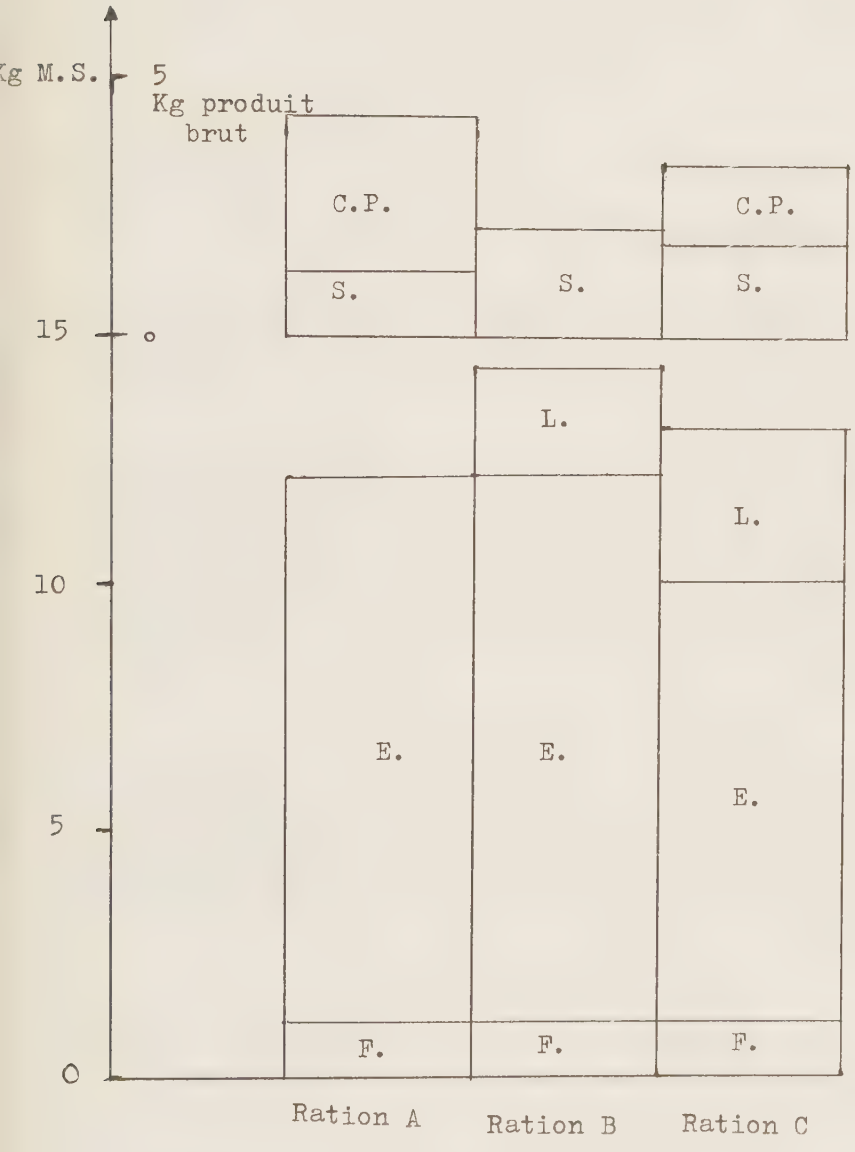
Ration A	:	38 kg	Ensilage de maïs
		1 kg	Foin
		1,5 kg	Tourteau de Soja - 50
		3 kg	Concentré de Production
		300 kg	de C.M.V. 6-24
		60 g	de carbonate de calcium
Ration B	:	38 kg	Ensilage de maïs
		1 kg	Foin
		35 litres	Lactosérum
		2,1 kg	Tourteau de Soja - 50
		100 g	de C.M.V. 6-24
Ration C	:	30 kg	Ensilage de maïs
		1 kg	Foin
		50 litres	Lactosérum
		1,9 kg	Tourteau de Soja
		1,3 kg	Concentré de Production
		50 g	de Carbonate de calcium

A production égale, la ration B avec 35 litres de lactosérum économise 3 kg de concentré de production (2 kg d'orge et 1 kg de soja) mais nécessite 0,6 kg de soja en plus donc globalement il y a éc onomie de :

- 2 kg d'Orge
- 400 g de Tourteau de Soja
- 200 g de C.M.V. 6-24
- 60 g de Carbonate de calcium

par jour, par rapport à la ration A classique.

Figure 3 - Diagramme récapitulatif des rations équilibrées à 22,2 kg de lait.



F : Foin E : Ensilage Maïs L : Lactosérum
S : Soja - 50 C.P. : Concentré de Production

La ration C avec 50 litres de lactosérum économise 1,7 kg de concentré de production mais nécessite 400 g de soja en plus donc globalement il y a économie de :

- 8 kg Ensilage de maïs
- 1,2 kg d'Orge
- 200 g de Tourteau de Soja
- 300 g de CMV 6-24

par jour, par rapport à la ration A classique.

D) Approche économique

L'intérêt économique du lactosérum dans l'alimentation des troupeaux laitiers se fonde sur les résultats techniques procurés par cet aliment mais aussi sur les répercussions entraînées par son emploi.

Le lactosérum liquide est le plus souvent cédé gratuitement par la laiterie à ses clients dans la mesure où l'éleveur va le chercher lui-même. Dans cette hypothèse, on s'aperçoit que les rations B et C sont beaucoup moins coûteuses que la ration A au vu des aliments économisés dans l'un et l'autre cas.

1° / Charges en plus pour l'éleveur

Même si l'on considère que la matière première est gratuite, ce qui n'est pas toujours le cas, il y a des investissements à faire au niveau des cuves de stockage et des bacs de distribution. Nous avons vu que pour 30 vaches, il faut une cuve de 4000 litres et un bac de 1000 litres.

En 1981, en prenant un prix moyen de 3 francs par litre de stockage, un amortissement sur 3 ans et des frais financiers à 15 %; la charge est de 216,66 francs par vache et par an soit 0,017 franc par litre ac heté.

Les pertes de matière sèche en cours de conservation sont estimées à 2 %.

L'entretien de la stabulation pour conserver de bonnes conditions d'hygiène comme nous le verrons plus loin entraîne un supplément de paille évalué à 100 kg/ vache/ an (200 Fr la tonne) et un supplément de raclage estimé à 1 heure/ vache/ an (20 Fr l'heure).

Les charges en plus s'élèvent ainsi à 256,66 Fr par vache et par an avec une consommation moyenne de 15.000 litres de lactosérum brut.

2°/ Charges en moins et produits en plus pour l'éleveur.

Comme nous le verrons dans la dernière partie, le lactosérum dans la ration améliore la production laitière.

Lors des essais de la Sarthe, avec des rations de type C qui sont le plus souvent retenues, on a noté une amélioration du taux Butyreux de 1,5 g/ litre et du taux protéique de 1 g/ litre avec une quantité de lait identique. Pour une production moyenne de 5000 litres/ vache/ an et sachant que le lait est payé à la qualité sur la base de 0,015 Fr/ g de M.G. et 0,010 Fr/g de protéines au-dessus d'une moyenne établie par la laiterie, nous gagnons donc 162,50 Fr/ vache/ an.

Nous avons vu que la ration C permettait une économie de 8 kg d'ensilage de maïs, 1,2 kg d'orge, 200 g de soja et 300 g de CMV 6-24 par jour pour une vache produisant 22,2 kg de lait. Considérant une lactation de 300 jours, les économies peuvent être évaluées ainsi :

- 720 kg MS pour l'ensilage à 0,70 Fr/ kg MS
  soit 504,00 Fr/ V/ an
- 360 kg orge à 115 Fr le quintal
  soit 414,00 Fr/ V/ an
- 60 kg soja à 2,15 le kg
  soit 129,00 Fr/ V/ an
- 90 kg minéraux à 2 Fr le kg
  soit 180,00 Fr/V an

Globalement, l'éleveur réalise une économie de 1.227,00 Fr par vache et par an en aliments et gagne 162,50 Fr au niveau de la production laitière soit un gain total de 1.389,50 Fr par vache et par an.

Les charges en plus étant de 256,66 Fr par vache et par an, il reste une économie de 1.133,00 Fr environ par vache et par an qu'il faudrait minorer cependant pour le travail supplémentaire fourni par l'exploitant mais difficile à évaluer dans ce métier.

Le prix d'opportunité du litre de lactosérum brut ressort à 0,075 Fr le litre (1.133,00 Fr / 15.000 litres) soit 1,17 Fr le kg de matière sèche. Au-dessus de ce prix et même au-dessus de 1 Fr le kg de matière sèche, l'éleveur n'aura pas intérêt à l'utiliser.

Si l'on se souvient que le traitement d'1 litre de lactosérum en station d'épuration coûte 0,10 Fr/ litre,on peut penser que les laiteries soient prêtes à céder le lactosérum à quelques centimes le litre seulement. Certes, il y a le problème du transport de cette denrée volumineuse qui restera coûteuse de ce point de vue, d'où l'intérêt particulier du lactosérum pour les élevages situés à proximité des industries laitières.

IV RESULTAT DE QUELQUES ANNEES D'UTILISATION

A) Influence sur la secrétion lactée

Les effets sur la production lactée, tant au point de vue quantitatif que qualitatif, de vaches nourries au lactosérum, ont donné lieu à de nombreuses recherches. Les essais de la Sarthe réalisés avec du lactosérum brut et du lactosérum concentré sont étalés sur 2 ans.

1°) Effets sur la quantité de lait produite

Huber et collaborateurs (21) remarquent que la production laitière diminue avec des rations comprenant 60 % de matière sèche sous forme de lactosérum en poudre tandis qu'elle reste inchangée jusqu'à 30 % de matière sèche sous forme de poudre de lactosérum dans la ration.

Anderson et collaborateurs (5) ne remarquent aucune variation quantitative au niveau de la secrétion lactée avec des rations à base de lactosérum.

Welch et Nilson (46) constatent une légère augmentation de la production dans les troupeaux recevant 65 litres de sérum en plus d'une ration à base de foin.

L'étude faite dans la Sarthe fait ressortir une légère amélioration de la production laitière avec incorporation du lactosérum mais celle-ci est peut-être due à d'autres facteurs notamment une meilleure gestion du troupeau dans le cadre de ces essais. Les résultats obtenus se trouvent résumés dans les tableaux 15 et 16.

Tableau 15 PRODUCTION LAITIERE, TAUX BUTYREUX ET TAUX PROTEIQUE DU TROUPEAU CONSOMMANT DU LACTOSERUM BRUT.

Semestre	Lait Brut kg/Vache/j.	T.B.	T.P.
Avril-Sept.78 Sans lactosérum	13,9	39,6	33,4
Avril-Sept.79 Avec lactosérum	14,7	43,8	33,4
Avril-Sept.80 Avec lactosérum	15,2	40,2	33,2

Année	Lait Brut kg/Vache/j.	T.B.	T.P.
Avril 78.Mars79 Sans lactosérum	12,6	40,8	32,8
Avril 79.Mars80 Avec lactosérum	13,3	42,5	32,7

Tableau 16 PRODUCTION LAITIERE DES 6 TROUPEAUX CONSOMMANT DU LACTOSERUM CONCENTRE.
(kg lait/vache/j.)

	TROUPEAU	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Semestre	04-09/78	14,2	14,3	16,0	13,4	16,2	14,0	14,7
	04-09/79	15,1	16,9	17,1	14,3	16,5	14,5	15,7
	04-09/80	16,6	17,0	18,8	14,9	16,5	14,8	16,4

	TROUPEAU	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Année	04-78/03-79	16,5	15,4	16,9	14,4	16,1	15,9	15,9
	04-79/03-80	16,3	17,6	17,9	14,2	17,2	14,5	16,3

Cependant si la production laitière n'est pas modifiée quantitativement dans le sens d'une amélioration, il n'y a pas non plus baisse de cette production et nous allons voir qu'elle est modifiée qualitativement.

2°) Effets sur la qualité du lait

- Modification du taux butyreux

La plupart des auteurs reconnaissent que l'incorporation de lactosérum dans des rations riches en concentrés (qui ont pour effet de diminuer le taux butyreux par augmentation des fermentations propioniques dans le rumen) a pour effet d'augmenter ce taux butyreux (jusqu'à + 5g par litre) à des taux d'incorporation de 10 à 20 % de la matière sèche totale (21)(40).

Les minéraux du lactosérum joueraient un grand rôle dans ce sens (21).

Anderson et collaborateurs (5) n'observent pas d'amélioration du taux butyreux avec le lactosérum mais ils expérimentent sur des vaches produisant déjà un lait riche en matières grasses, c'est le cas du troupeau n°4 dans les essais réalisés dans la Sarthe (Tableau N°17-Moyenne annuelle).

Ce troupeau avait un taux butyreux élevé et les Normandes ont progressivement été remplacées par des vaches Frisonne Pie-Noire fournissant un lait moins riche en matières grasses.

Le taux butyreux a en moyenne été amélioré d'un peu plus d'un point (40,4 contre 39,3) (Tableau 17) ceqqui s'explique par l'orientation des fermentations microbiennes occasionnées par le lactosérum.

Le lactose favorise la production d'acide butyrique dans le rumen. Cet acide est un précurseur des matières grasses du lait.

Tableau 17 TAUX BUTYREUX DES 6 TROUPEAUX CONSOMMANT DU LACTOSERUM CONCENTRE.(g/kg lait)

	Troupeau	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Semestre	04-09/78	35,8	38,0	36,4	39,6	41,8	38,0	38,3
	04-09/79	37,6	38,8	37,3	41,0	39,8	39,2	39,0
	04-09/80	37,8	37,0	38,2	43,2	40,6	42,6	39,9

	Troupeau	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Année	04-78/03-79	36,6	39,2	38,4	44,1	41,5	35,9	39,3
	04-79/03-80	39,4	39,5	39,3	42,6	42,4	39,4	40,4

- Modification du taux protéique

Huber et collaborateurs (21) ne notaient aucune modification du taux protéique du lait lors de l'adjonction de lactosérum en poudre dans des rations riches en concentrés.

Remond et Collaborateurs (36) notent une amélioration du taux de matières azotées qu'ils attribuent à une légère diminution de la quantité de lait produite.

Comme l'avait remarqué Grancher (17), les essais de la Sarthe signent une augmentation très nette du taux protéique du lait : + 1,3 pour l'année avec lactosérum par rapport à l'année précédente sans lactosérum (tableau 18).

Le lactosérum est en grande partie responsable de cette amélioration très nette du taux de matières azotées. En effet, la richesse en matières azotées du lait est déterminée entre autres par le niveau des apports énergétiques de la ration. Le lactose est rapidement fermentesdible donc directement utilisable par les micro-organismes. Il accroît donc la quantité d'acides aminés disponibles pour la synthèse des protéines du lait par diminution de la néoglucogenèse.

En conclusion, le lactosérum dans la ration n'aurait aucun effet significatif sur la quantité de lait produite mais améliorerait nettement sa qualité, ce qui est très intéressant pour l'éleveur puisque le lait sera de plus en plus payé en fonction de sa richesse en matières grasses et en matières azotées, c'est-à-dire son taux de matière sèche utile.

Tableau 18 TAUX PROTEIQUE DES 6 TROUPEAUX CONSOMMANT DU LACTOSERUM CONCENTRE (g/kg lait)

	Troupeau	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Semestre	04-09/78	30,4	30,6	30,4	33,6	33,2	31,6	31,6
	04-09/79	32,8	32,8	32,4	35,2	35,0	32	33,4
	04-09/80	32,4	34,4	31,6	36,2	33,8	35,6	34,0

	Troupeau	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Année	04-78/03-79	31,9	30,7	31,5	35,2	34,3	35,9	33,3
	04-79/03-80	33,2	32,6	32,0	35,4	35,1	39,4	34,6

B) Influence sur la fécondité du troupeau

L'étude de l'incidence de l'utilisation du lactosérum sur la fécondité des vaches laitières a été réalisée à partir des résultats des bilans de fécondité de chaque exploitation et des fiches individuelles remplies par le vétérinaire traitant.

On a comparé les résultats de fécondité de la période Avril 1978 - Avril 1979 sans lactosérum à la période Avril 1979 - Avril 1980 avec lactosérum.

Les résultats moyens pondérés, résumés dans le tableau 19, ne montrent pas de différence significative entre les deux campagnes.

On note toutefois une légère amélioration du taux de réussite en première insémination dans 5 troupeaux sur 7 et le pourcentage de vaches ayant nécessité 3 inséminations et plus est inférieur dans tous les troupeaux, de même l'intervalle V-If (vêlage - insémination fécondante) est amélioré.

Dans l'ensemble, il n'y a pas de modification des résultats de fécondité mais il est difficile d'isoler le rôle d'un paramètre alimentaire (le lactosérum) dans un domaine aussi complexe où interviennent de nombreux autres paramètres : conduite du troupeau - facteurs sanitaires...

Ainsi prenons l'exemple du troupeau n° 3 et analysons quelques facteurs :

- une meilleure conduite du troupeau (détection des chaleurs) a diminué les délais de mise à la reproduction : 100 % des vaches ont été inséminées avant 90 jours contre 88 % la campagne précédente ;

- la croissance des génisses étant plus régulière, les résultats des primipares sont supérieurs : seulement 28 % de V -If $>$ 110 jours en 79-80 contre 50 % en 78-79.

Tableau 19 Bilans de fécondité des troupeaux consommant du lactosérum acide

N° exploitation		Lactosérum concentré												Lactosérum brut		résultats moyens pondérés	
		1		2		3		4		5		6		7			
A : 04/78 - 04/79 sans LS B : 04/78 - 04/79 avec LS		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Nb de vaches mises à la reproduction		24	28	30	27	25	28	33	38	52	51	23	30	14	21	201	223
% de vaches dont V-If est	< 40 j	0	0	0	0	0	0	6	0	0	4	0	0	0	0	1,0	0,9
	40 -80 j	29	32	43	59	44	50	49	47	56	49	39	43	43	67	45,4	48,8
	80 -110 j	42	32	16	18	20	25	18	24	15	27	22	26	21	19	20,7	25,1
	> 110 j	29	36	40	23	36	25	27	29	29	19	19	30	36	14	32,9	25,2
Taux réussite en 1° I		58	57	60	67	55	57	48	60	52	55	61	53	57	71	55	59
% vaches ⩾ 3 I		21	21	23	22	28	25	30	18	27	19	26	20	21	9	25,8	19,4
% de vaches dont V - I1 est	< 40 j	0	0	0	0	0	0	6	8	6	4	0	0	0	0	2,5	2,3
	40 - 70 j	29	39	47	63	64	71	70	55	69	63	48	46	22	71	54,8	58,2
	70 - 90 j	58	47	33	30	24	28	15	16	10	21	30	36	64	24	27,8	27,8
	> 90 j	13	14	20	7	12	0	9	21	15	12	22	17	14	5	14,9	11,7

I : Insémination
V-If : Vêlage - insémination fécondante
V-If : Vêlage - insémination première

Par contre, l'augmentation du niveau de production (moyenne d'étable de 5.232 kg en 1980 contre 4515 en 1979) s'est traduite par une augmentation des intervalles V -If accentuée par le fait que ces fortes productrices n'ont pas été complémentées suffisamment en minéraux.

D'autre part, les vaches taries ont consommé du lactosérum pendant 4-5 semaines donc suralimentées énergétiquement, elles présentaient un état d'embompoint trop élevé d'où les problèmes de fécondité qui s'en suivent.

La richesse en minéraux du lactosérum pourrait être à l'origine d'un excès de calcium et phosphore pendant le tarissement, excès qui pourrait conditionner une carence en oligo-éléments (manganèse, iode) nuisible à une bonne fécondité.

Compte tenu de ces quelques éléments et des nombreux facteurs intervenant, il semble difficile d'attribuer un rôle particulier au lactosérum dans la fécondité des troupeaux laitiers.

C9 Influence sur l'hygiène et la santé

La plupart des éleveurs ayant utilisé le lactosérum reconnaissent que les animaux sont en meilleur état d'embompoint (poil luisant). Cependant on a pu observer quelques troubles dont fait état la bibliographie.

1° / Troubles divers

- Troubles digestifs

Tous les auteurs ayant expérimenté avec du lactosérum insistent sur l'importance d'une période de transition lors d'incorporation du lactose.

La pathologie la plus fréquente est un syndrome diarrhéique décrit par Anderson en 1975; Schingoethe en 1976, Remond en 1978. Cette diarrhée rétrocède lorsque l'on diminue la quantité de lactosérum. Elle est due à une intolérance passagère au lactose.

Les essais de la Sarthe ne mentionnent aucun trouble digestif (diarrhée, météorisation, acidose...) aussi bien pendant la période d'adaptation que la période d'utilisation. Pendant la période d'adaptation, les éleveurs ont noté un ramollissement des excréments identique à celui observé lors de la mise à l'herbe.

Il faut préciser que les vaches taries (séparées des vaches traites donc ne recevant pas de lactosérum) et les génisses (n'ayant jamais consommé de lactosérum) n'ont présenté aucun trouble digestif lors de l'introduction dans le troupeau 15 jours avant le vélage.

Cependant, la plupart du temps, il faut respecter une période de transition très progessive. En cas de refus, il faut insister mais laisser de l'eau à boire. Dès l'apparition de diarrhée, il faut diminuer quelque temps et reprendre très lentement.

+ mammites - métrites - boiteries...

Le lactosérum augmente la diurèse et entraîne un ramollissement des excréments. Ces facteurs sont favorables à une humidification et donc à une souillure supérieure des litières, favorable à la multiplication microbienne.

Si les normes de paillage ne sont pas respectées, la mauvaise hygiène qui en résulte risque d'amener différents problèmes sanitaires tels que mammites, métrites, boiteries..., troubles fréquents dans les stabulations libres mal entretenues.

On veillera donc à maintenir les litières propres, elles seront changées plus souvent.

2°/ Troubles métaboliques

- Troubles péri-partum

Les essais de la Sarthe ont permis de constater une fréquence élevée de parésies juste avant le vêlage ou après le vêlage.

70 % des cas de paraplégies ont fait l'objet d'un diagnostic vétérinaire de "fièvre de lait". Les autres cas soignés dès les premiers symptômes par l'éleveur ont rétrocédé grâce à l'injection de sels de calcium et magnésium.

La fréquence des "fièvres de lait" dans les troupeaux ayant consommé du lactosérum est de 7,7 % ; largement supérieure à une moyenne effectuée sur 73 exploitations du département.

Il semble que la consommation de lactosérum pendant le tarissement et même pendant les 15 jours à 3 semaines précédant le vêlage puisse favoriser l'apparition du syndrome paraplégique péri-partum.

En effet, 2 à 3 kg de matière sèche de lactosérum pendant cette période correspond à des apports phospho-calciques excédentaires pouvant diminuer la réactivité des parathyroïdes et limiter la mobilisation du calcium osseux au moment du vêlage, donc entraîner une hypo-calcémie.

On évitera par conséquent de donner du lactosérum aux vaches taries.

- L'acidose lactique

Cette maladie observée chez le ruminant après ingestion de quantités importantes de glucides rapidement fermentescibles (amidon, glucose, lactose) est due à des perturbations digestives et métaboliques ayant pour origine l'accumulation d'acide lactique dans le rumen.

L'acide lactique est un nutriment énergétique transformé en acides gras volatils par les microorganismes du rumen. Son rôle est négligeable avec les régimes riches en fourrages ; en revanche, il devient plus important lorsque le ruminant reçoit des quantités importantes de glucides rapidement fermentescibles. Il faut donc ménager à la microflore du rumen une période d'adaptation de 1 à 2 semaines pour établir un équilibre entre les agents qui produisent et ceux qui fermentent l'acide lactique, sans quoi des troubles digestifs graves apparaissent.

Aucun de ces troubles n'a été observé lors des essais réalisés dans la Sarthe.

Grancher (17) signale des troubles apparentés dans une exploitation sur des vaches en pleine lactation (2 à 5 mois après le vêlage) : les animaux sont en décubitus permanent, la température est normale au départ.

Un premier traitement à base de sels de calcium fut inefficace et 24 heures après, on constate l'apparition d'une mammite aigue, d'une diarrhée violente, sanguinolante avec une légère hypothermie sur quelques sujets.

La plupart des animaux guérissent suite à un traitement comportant sels de calcium et magnésium, hépato protecteurs et antibiotiques (pénicilline - tétracyclines - Borgal N D)

Cependant, deux animaux meurent et les prélèvements effectués mettent en évidence des germes du genre Clostridium dans la moelle épinière.

Il semble qu'il s'agisse d'un syndrome de type entérotoxémique à Clostridium.

Ce syndrome semble être né d'un accident genre acidose : en effet, il affecte les vaches les plus gourmandes et cet exploitant utilise des betteraves fourragères riches en glucides rapidement fermentescibles. Cet excès entraîne une augmentation du taux d'acides acétique et butyrique dans le rumen ; or, ce sont les Clostridium surtout qui produisent l'acide butyrique du rumen.

On conseillera donc de vacciner les vaches contre l'entérotoxémie et on évitera surtout de distribuer en même temps que le lactosérum une autre source d'énergie rapidement fermentescible (betteraves, ensilage de blé).

3° / Risques infectieux liés à l'emploi du lactosérum,

Le retour à la ferme du lactosérum est dans certaines régions une pratique ancestrale qu'il a fallu réglementer pour interdire le retour du produit non pasteurisé de façon à interrompre les cycles de recontamination des troupeaux notamment par le Bacille Tuberculeux.

a) Agents pathogènes présents dans le lait

Comme nous le montre le tableau 20, le lait peut héberger de nombreux agents pathogènes au sortir de la mamelle mais il peut aussi récolter des bactéries de l'environnement venant de l'animal (feces,peau)

Tableau 20 - Agents pathogènes présents dans le lait (Plommet INRA)

		Agents	Maladie
Lait à la sortie de la mamelle	Infection générale	Brucella	Brucellose
		Bacille tuberculeux	Tuberculose
		Coxiella	Fièvre Q
		Virus	Leucose bovine
	Infection de la mamelle	Streptococcus agalactiae	Mammite contagieuse
		Streptococcus uberis	
		Staphylococcus	suppuration
		Colibacille et Entérobactéries	infections diverses
		Corynebactérium pyogenes	infections suppurées
Contamination après sortie de la mamelle		Salmonella	Paratyphoïdes - Salmonellose
		Escherichia Coli	Entérites néonatales
		Yersinia	Entérites - adénites
		Campylobacter	Entérites
		Listeria	Listériose (avortt - encéphalite
		Entérovirus divers	Entérites

de l'homme, de l'atmosphère, de la vaisselle laitière.

La diversité et le nombre de ces agents sont très dépendants de l'état de santé du troupeau d'une part, et de la qualité hygiénique de la récolte et des manipulations d'autre part.

b) Survie des agents pathogènes dans le lactosérum

Au cours de la fabrication du fromage, les agents pathogènes sont soumis à plusieurs phénomènes : la pasteurisation vraie, l'acidification du lactosérum et la coagulation de la caséine qui retient dans le caillé la majeure partie des bactéries.

La combinaison de ces 3 facteurs aboutit à une diminution du nombre de germes et de la fréquence des agents pathogènes dans le lactosérum mais les plus résistants persistent.

En définitive, le lactosérum est un produit potientellement dangereux : certaines livraisons peuvent être saines, d'autres contaminées.

c) Risques de contamination par le lactosérum

Quels risques y a -t-il à faire consommer un produit contenant des agents pathogènes en petite quantité ?

-Selon les agents, la voie orale est ou n'est pas une voie de contamination. La voie orale n'est pas la seule : la projection de gouttelettes contaminées sur les muqueuses conjonctivales et respiratoires est une voie directe de contamination pour Coxiella et Brucella.

-La dose de l'agent ingéré a une grande importance : une petite dose peut n'avoir aucun effet ou bien induire une infection à évolution lente inapparente pendant plusieurs mois (Brucellose - Tuberculose - Leucose). Une dose plus forte peut déclencher la maladie immédiatement reconnaissable (Entérite).

- L'infection peut répondre à plusieurs types endémiques :

Non contagieuse directement d'animal à animal, elle reste localisée aux animaux ayant ingéré le produit contaminé (cul de sac épidémiologique)

Contagieuse et par différentes voies, elle se propage dans le troupeau plus ou moins rapidement.

Dans ce contexte, la distribution d'un produit comme le lactosérum représentant le mélange de nombreux laits de producteurs différents est en contradiction absolue avec les règles de prophylaxie collective.

Son utilisation en alimentation n'est acceptable que s'il est correctement pasteurisé et transporté dans du matériel correctement désinfecté avec toutes les précautions d'hygiène lors des manipulations.

CONCLUSION

Longtemps considéré comme un déchet des industries fromagères, le lactosérum mérite beaucoup mieux. Il bénéficie aujourd'hui de nombreux débouchés en alimentation humaine et animale sous différentes formes. C'est un véritable aliment au vu de sa teneur en lactose, en matières azotées et minérales.

Malgré ces débouchés très divers, il demeure des disponibilités importantes qui peuvent être utilisées par les vaches laitières en particulier. Pour celles-ci c'est un aliment très appétent, énergétique de par sa teneur en lactose et de grande valeur protéique (le lactose rapidement fermentescible fournit l'énergie nécessaire à la synthèse des protéines microbiennes à partir d'azote non protéique.

Le lactosérum entre parfaitement dans les rations classiques. En fonction des ressources fourragères dont il dispose, l'éleveur peut incorporer plus ou moins de lactosérum suivant qu'il veut économiser le concentré de production seulement ou bien en plus une partie du fourrage de la ration de base. Dans tous les cas, l'économie de minéraux est appréciable.

L'emploi du lactosérum n'entraîne pas de variation sensible de la quantité de lait produite mais améliore les taux butyreux et protéique. Bien employé, le lactosérum est sans effet sur la fécondité et la santé du troupeau. Les principales règles d'utilisation qui se dégagent des essais réalisés dans la Sarthe sont les suivantes :

- respecter une période d'adaptation de 15 jours environ,
- maintenir les litières propres à cause du ramollissement des excréments,
- éviter de donner du lactosérum aux vaches taries à cause des risques de paraplégie péri-partum,

VU : Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

Professeur D. GRIESS

VU : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

VU : Le Président de la Thèse

Professeur ECALLE

VU et PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 16.4.1984
Le Président de l'Université Paul Sabatier

Professeur D. BANCEL

UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER · TOULOUSE

- éviter de distribuer une autre source de glucides rapidement fermentescibles,
- adapter la complémentation minérale,
- exiger un lactosérum sain, pasteurisé ,
- veiller à l'hygiène du transport, du stockage et de la distribution qui doivent se faire dans un matériel résistant aux acides.

Moyennant quoi, le lactosérum représente un aliment intéressant et tout particulièrement à proximité des industries fromagères puisque son prix de rétrocession est très dépendant du coût de transport.

BIBLIOGRAPHIE

1 - ADRIAN J., BOURLIER G. -
Composition minérale du lactosérum, influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques - Le Lait - 1980, n° 598, 447 - 457.

2 - ALBAR J. - Maîtriser la qualité du lactosérum
Techni Porc, Janv. - Fév. 1981, 35 - 41.

3 - ANDERSON M.J. - Métabolism of liquid whey fed to sheep - J. Dairy Sci., 1975 - 58,n° 12, 1856 - 1859.

4 - ANDERSON M.J. , LAMB R.C., MICKELSEN C.H. - Liquid whey as a feed supplement for lactating cows - J. Dairy Sci., 1975, 58, n° 5, 748 (abstract).

5 - ANDERSON M.J., LAMB R.C., MICKELSEN CH. , WISCOMBE R.L. - Feeding liquid whey to dairy cattle - J. Dairy Sci, 1974, 57, n° 10, 1206 - 1210.

6 - CALDIER Ph. - Dans la Sarthe : des vaches laitières au lactosérum - La France Agricole, 1982, n° 1942, 37-40.

7 - CASALIS J. - Considération sur l'utilisation du lactosérum dans l'industrie alimentaire - Rev. lait. Franç, 1975, n° 332, 403 - 419.

8 - CHAUVEL J. - La conservation modifie la qualité du lactosérum - Elevage Porcin, Fév. 1979, 23 - 26.

9 - COQUIN M.P. - Le lactosérum, son intérêt pour le producteur de lait : - comme conservateur d'ensilage - comme aliment liquide - comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France - 1982, n° 6, 430 - 435.

10 - COULON J.B. - Utilisation du lactosérum par les vaches laitières - aspects zootechniques et digestifs C.R.Z.V. de Theix - 63110 - Beaumont, Mémoire de fin d'études 1979.

11 - COULON J.B., REMOND B., JOURNET M. - Pouvoirs d'encombrement comparés d'un lactosérum liquide et d'un aliment concentré énergétique. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - Inra, 1979, nº 36, 9-13.

12 - D.G.R.S.T. - Colloque : les lactosérums, une richesse alimentaire - 1977 - A.P.R.I.A. (35, rue du Général Foy) 75008 - PARIS, 388 p.

13 - EHOUINSON M.A. - Etude de la digestion du lactose chez le mouton - Th. Docteur Ingen., Université de Clermont-Ferrand 1976, nº 77.

14 - FEVRIER C., CHAUVEL J. - Lactosérum et sous-produits laitiers dans l'alimentation du porc Ed. Inst. Techn. Porc PARIS 1977.

15 - FEVRIER C., TOULLEC R. - L'utilisation du lactosérum dans l'alimentation animale, considérations nouvelles - Techn. Lait., 1981, nº 952 - 47 - 56.

16 - FISHER L.J. - The consumption of acid whey by lactating cows - Can. J. Anim. Sci., 1981, 61, 209 - 211.

17 - GRANCHER D. - Le lactosérum brut dans l'alimentation de la vache laitière - Th. Méd. Vét. Lyon 1981 nº 74.

18 - GRANCHER D., JEAN-BLAIN Cl. - Utilisation du lactosérum dans l'alimentation de la vache laitière Revue Méd. Vét., 1982, 133, 7, 473 - 479.

19 - HODEN A., JOURNET M., MARQUIS B. - Les aliments liquides : possibilités offertes par l'utilisation de sous-produits industriels - Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - INRA, 1979, nº 36, 15-18.

20 - HUBER J.T., ROMAN R.L., HENDERSON H.E.; KULASEK G.W. Fermented - ammoniated whey as a nitrogen supplément for lactating cows - J. Dairy Sci., 1975, 58, nº 5, 748 (abstract).

21 - HUBER J.T., POLAN C.E., ROSSER R.A. - Effect of whey on milk composition and rumen volatile fatty acids in restricted - roughage rations - J. Dairy Sci., 1967, 50, n° 5,687-691.

22 - I.T.E.B. - Le lactosérum, aliment des vaches laitières- Décembre 1981 - 70 p.

23 - I.T.E.B. - Utilisation du lactosérum en buvée pour les vaches laitières - Journée lactosérum du 28 janvier 1982.

24 - I.T.E.B. - Effets sur les vaches laitières d'une utilisation prolongée de lactosérum acide.

25 - JUENGST F.W. - Use of total whey constituents - animal feed - J. Dairy Sci., 1979, 62,n°1,106-111

26 - MAHAUT M., MAUBOIS J.L. - L'ultrafiltration du lait et des produits laitiers, état actuel d'avancement des travaux - Econ. Agric. 1977, n° 2, 29-31.

27 - METZGER V.L., BAKER R.J., SCHINGOETHE D.J. - Responses of rumen microflora to high-concentrate low - roughage diets containing whey products - J. Dairy Sci, 1976, 59, n° 10, 1769 - 1775.

28 - MODLER H.W., MULLER P.G., ELLIOT J.T., EMMONS D.B. - Economie and technical aspects of feeding whey to livestock - J. Dairy Sci., 1980, 63, n° 5, 838 - 855

29 - MOREL D'ARLEUX F. - Du lactosérum pour les vaches laitières - La France Agricole, 1980, n° 1843, 47.

30 - MOREL D'ARLEUX F. - Du lactosérum pour les vaches laitières- La France Agricole, 1982, n° 1942, 33 - 35.

31 - NILSON K.M., WELCH J.G. - Mechanics of feeding liquid whey to dairy cattle - J Dairy Sci.,1973 56, n° 5, 681 (abstract).

32 - PATENOTRE B. - Dans l'Eure : des vaches laitières arrivent à boire 60 litres par jour de lactosérum - La France Agricole, 1978, n° 1704, 21-23.

33 - PINCHASOW Y., HASDAI A., GORDIN S., KATZNELSON D. VOLCANI R. - Performance of high - yielding dairy cows fed liquid whey - J. Dairy Sci., 1982, 65, n° 1, 28 - 36.

34 - RAISIN-DADRE N. - Utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et animale : aspects actuels - Th. Méd. Vet. Toulouse 1982.

35 - REMOND B. - Visites d'élevages utilisant du sérum liquide pour l'alimentation des bovins aux Etats-Unis - Octobre 1976.

36 - REMOND B., MARQUIS B., HODEN A., JOURNET M. - Utilisation du lactosérum par les vaches laitières - Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - I.N.R.A. 1978, n° 33, 53-59.

37 - ROGERS G.F., WELCH J.G., NILSON K.M., SMITH A.M. Digestibility of liquid whey by steers ans cows - J. Dairy Sci. , 1977, 60, n° 10, 1559-1562.

38 - SCHINGOETHE D.J. - Feeding whey to ruminants Feedstuffs, 1976, 48, n° 31, 16, 19,41.

39 - SCHINGOETHE D.J., ROOK J.A. - Ration digestibility and minéral balance in lactating cows fed rations containing dried whey - J. Dairy Sci., 1976, 59, n° 5, 992 - 996.

40 - SCHINGOETHE D.J., SKYBERG E.W., BAILY R.W. - Digestibility, mineral balance, and rumen fermentation by steers of rations containing large amounts of lactose or dried whey - J. Dairy Sci. 1980, 63,n° 5, 762 - 774.

41 - THIVEND P. - Le lactosérum dans l'alimentation du ruminant - Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix - INRA, 1978, n° 31, 11-17.

42 - VEISSEYRE R. - Techniques laitières - Récolte, traitement et transformation du lait - 2ème édition - PARIS : La Maison Rustique, 1966 - 697 p.

43 - VOLCANI R., GORDIN S., SHAPIRA D., ZIPORA ZOREF- Estimation of energy content of liquid whey from its dry matter and lactose contents - Feedstuffs, 1977, 49, n° 19, 28, 38.

44 - VOLCANI R., HASDAI A., PINCHASOV Y., ZOREF Z. - Dry matter content of liquid whey - Feedstuffs 1979, 51, n° 2, 45.

45 - VRIGNAUD Y. - Le lactosérum, matière première noble pour les industries alimentaires humaines et animales - Rev. Lait. Franç., 1979, n° 372.

46 - WELCH J.G., NILSON K.M. - Feeding liquid whey todairy cattle - J. Dairy Sci., 1973, 56, n° 5, 681 (abstract).

47 - WONG N.P., LACROIX D.E., Mc DONOUGH F.E. - Minerals, in whey and whey fractions - J. Dairy Sci., 1978, 61, n° 12, 1700 - 1703.